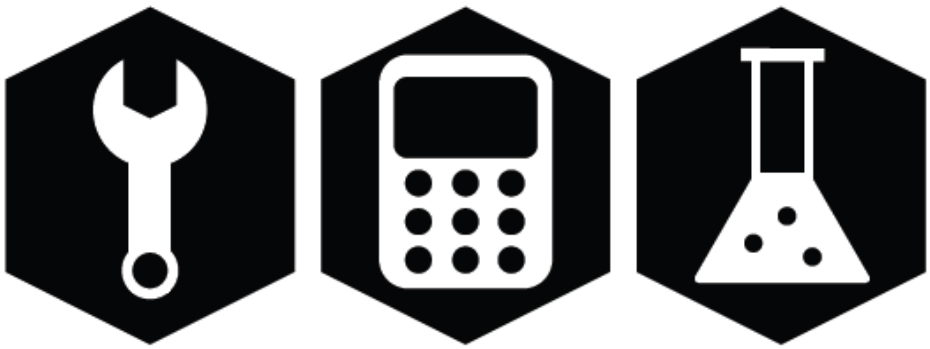
工学実験を
安全に行うために

平成 27 年度版



東京工科大学工学部

目　次

はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1　一般的な安全について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.1　安全の基本 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.2　安全のための手段としての法律（労働安全衛生法） ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.3　安全対策の立て方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
1.4　安全と危険の人間的側面、リスクコミュニケーション ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
1.5　危険要因分析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
1.6　ヒヤリハット ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
1.7　東京工科大学における安全管理体制 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

2　実験室・研究室の安全・衛生について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
2.1　実験室・研究室の整理・整頓 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
2.2　服装と履物 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
2.3　疲労への対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
2.4　電気への対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
2.5　地震への対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
2.6　火災への対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
2.7　クリーンルームでの作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
2.8　低温室での作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
2.9　局所排気設備（ドラフトチャンバー）での作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
2.10　避難経路の確保 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14

3　緊急時の一般的措置について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
3.1　災害発生時の基本行動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
3.2　火災時の緊急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
3.3　地震時の緊急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19

4　傷病への応急処置について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
4.1　事故発生時の対応 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
4.2　ケガの注意事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
4.3　ケガの応急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
4.4　薬品による傷害の応急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26
4.5　熱中症の応急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
4.6　熱傷の応急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28
4.7　感電の応急措置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28
4.8　一次救命処置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28

4.9 近隣の医療機関 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31

5 電気の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
5.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
5.2 感電 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
5.3 電気火災 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
5.4 高電圧機器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35
5.5 電気装置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 36
5.6 関連法規 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 36
5.7 電気による事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37

6 工作機械の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
6.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
6.2 ボール盤作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
6.3 グラインダー作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
6.4 コンター(帯鋸盤)作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
6.5 旋盤作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
6.6 フライス盤作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
6.7 自動制御機械作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41
6.8 工作機械による事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41

7 ガスの安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43
7.1 ガスと高圧装置 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43
7.2 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43
7.3 個別の高圧ガスに関する注意事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
7.4 高圧ガス容器(ボンベ) ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45
7.5 ボンベ取り扱い上の一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45
7.6 ガスによる事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46

8 冷媒・寒剤の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48
8.1 冷媒 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48
8.2 液体ヘリウム ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49
8.3 液体窒素 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49
8.4 ドライアイス ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50
8.5 関連法規 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 51
8.6 冷媒・寒剤による事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 51

9 圧力関連機器の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
9.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52

9.2 高圧ガス ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
9.3 高圧ガス容器(ボンベ) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 58
9.4 関連法規 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61
9.5 高圧ガスによる事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61

10 高温関連機器の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
10.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
10.2 電気炉使用時の安全心得 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
10.3 ガス炉使用時の安全心得 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
10.4 乾燥炉使用時の安全心得 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 64
10.5 高温関連機器による事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 64

11 薬品の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65
11.1 危険物の安全取り扱い ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65
11.2 危険物の分類と法律 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65
11.3 危険物の保管と取り扱い ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 67
11.4 危険物漏洩事故の対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 69
11.5 有害物質(毒劇物)の安全取り扱い ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 70
11.6 毒物・劇物 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 70
11.7 酸とアルカリ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 71
11.8 有害物質に関する法律 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 71
11.9 薬品による事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72

12 金属の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 74
12.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 74
12.2 金属溶解・鋳造作業 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 75
12.3 金属溶解・鋳造作業における事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 76

13 ガラスの安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 78
13.1 実験開始前のチェック ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 78
13.2 やってはいけないこと ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 78
13.3 壊したとき(心構えと後片付け) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 79
13.4 廃棄処理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 80
13.5 参考図書 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 80
13.6 ガラスによる事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 80

14 レーザの安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81
14.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81
14.2 レーザの仕組みと分類 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81

14.3 危険性への対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 82
14.4 レーザ機器の安全管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 83
14.5 関連法規 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 84
14.6 レーザによる事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 84

15 X線・放射線の安全取り扱いについて ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
15.1 一般的注意 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
15.2 放射線が人体に及ぼす影響 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
15.3 放射線管理区域 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 86
15.4 X線 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 87
15.5 関連法規 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 87
15.6 X線・放射線による事故例の原因と対処 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 88

16 実験系廃棄物の保管・処理について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89
16.1 廃棄物処理の原則 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89
16.2 実験廃棄物の取り扱いと処理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89
16.3 実験廃液の分類と処理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 90

17 各種図表 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
17.1 安全衛生対策のチェックリスト ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
17.2 緊急事態が発生した場合の連絡ルート ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 95
17.3 公衆電話マップ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 95
17.4 参考図書 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 96

おわりに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 98

口絵 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 99

は じ め に

この「工学実験を安全に行うために」は、東京工科大学工学部に所属する学生や教職員が、実験や実習を行う際に最小限必要となる、安全に関する知識や注意事項をまとめたものである。安全管理は、東京工科大学工学部に在籍する学生や教職員のみならず、周辺住民の安全の保障にも関わる事柄である。すなわち、東京工科大学全体にとっての生命線であり、あらゆる種類の事業を実施する際の前提となる最優先事項に位置づけられるべきものである。安全管理を軽視したため事故が発生し、その結果、教育・研究活動等が停止する事態にまで至りかねないことを留意しておく必要がある。

「工学実験を安全に行うために」に書かれた事柄は、例え軽少と思われることでも、必ず守る覚悟と努力が必要である。学生や教職員が「工学実験を安全に行うために」を熟読し、必要に応じてこれを参照して、事故の防止に活用されることを切望する。また、教職員は学生に対して、「工学実験を安全に行うために」に基づく安全教育の実施と共に、実験の専門性に応じた十分な指導を行わなければならない。

1　一般的な安全について

1.1　安全の基本

安全と対比される危険とは、英語ではHazard（ハザード）とRisk（リスク）に区別されているが、日本語では共に危険と表現される。ハザードで表される危険とは、事故が起こる状態ではなく、事故が起こる可能性がある潜在的危険源の存在を意味し、有無で表現される定性的なものである。一方、リスクで表される危険とは、ハザードの起こりやすさ（事故が起こる可能性の大きさ）とハザードの大きさ（事故が起こったときの被害の規模の大きさ）の双方に由来し、危険度として大小で表現される定量的なものである。危険を回避し災害が起こっても被害を最小にする、リスクの低減に向けた絶え間ない安全活動が大事である。

工学部における研究実験は常に危険と隣り合わせであり、事故と一瞬の不注意は常に同居している。経験豊富な研究者であれば一度や二度は“ヒヤリ”とした経験があるはずだが、ヒヤリと大事故は紙一重である。事故や災害は、作業者の気配りや注意の欠如に起因するものが多い。いい加減な気持ちで実験したり、あわてて実験を行ったりしてはならない。安全の基本は、整理・整頓・清掃・清潔の4Sである。これに「しつけ」を加えて5Sと呼び、本書は「しつけ」を担うものである。学生はもとより、研究実験に携わるすべての教職員が熟読し、安全の確保に努めることを最大の責務として自覚しなければならない。

安全の基本は

(1) 整理・整頓・清掃・清潔（4S）

(2) わからないことは、よく知っている人に聞く

のふたつに尽きる。加えて次の2点を守れば、事故の90%は未然に防ぐことができるとされている。

(3) 与えられた機器、装置、工具などの性能を十分に理解する。

(4) 慣れてくると気が緩みがちになるので、初心を持ち続けるよう心掛ける。

1.2　安全のための手段としての法律（労働安全衛生法）

労働安全衛生法とは、労働者の安全と衛生についての基準を定めた法律である。労働基準法と相まって、労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化および自主的活動の促進の措置を講ずる等、その防止に関する総合的・計画的な対策を推進することにより職場における労働者の安全と健康を確保すると共に、快適な職場環境の形成と促進を目的とする法律である。労働者の安全と衛生についてはかつて労働基準法に規定があったが、これらの規定を分離独立させて作られたのが本法である。したがって、本法と労働基準法とは一体の関係がある。一方で、本法には労働基準法から修正・充実された点や新たに付加された特徴など、独自の内容も少なくない。

事業者は、単にこの法律で定める労働災害の防止のための最低基準を守るだけでなく、快適な職場環境の実現と労働条件の改善を通じて職場における労働者の安全と健康を確保しなければならない。また、事業者は、国が実施する労働災害の防止に関する施策に協力しなければならない。機械、器具その他の設備を設計し、製造し、もしくは輸入する者、原材料を製造し、もしくは輸入する者は、これらの物の設計、製造、輸入に際して、これらの物が使用されることによる労働災害の発生の防止に努めなければならない。事業者のみならず、設計者や注文者等についても一定の責務を課している。さらに労働者は、労働災害を防止するため必要な事項を守るほか、事業者その他の関係者が実施する労働災害の防止に関

する措置に協力するように努めなければならない。労働基準法が「最低基準の確保」を目的としているのに対し、本法は最低基準を確保するだけでなく、より進んで適切なレベルの職場環境を実現することを目指している。

1.3　安全対策の立て方

事故に遭わないための最も確実な対策は、その原因になるものに近づかないことである。しかし、我々は工学を学ぶ工学者として、最新の技術に関わることが義務づけられている。最新の技術には未知の危険が伴う。その危険に対処するためには、安全対策が必要である。

一般家電製品には、考えられる危険に対して、十分な安全対策が付与されている。いかなる取り扱いにおいても、最悪の事態を避けられるような「フェイルセーフ」（機械が壊れたときにそのまま動作して被害を発生させないようにすること）あるいは「フールプルーフ」（十分な知識をもたない者が誤った用法で事故に至らないようにすること）を施している。また、想定内の危険に対しては、マニュアルで使用法を規定し、明示している。これらは危険の3要素（設備、人間、環境）のうちの人間由来のトラブルを設備で補おうとする努力である。

一方、実験や研究に使用する開発段階の機器や実験装置には，このような安全装置は最低限しか付属されていない。これは、これらの装置の設計時に、使用者は熟練者であると設定されているからである。機械工学科の学生がエンジンなどの機器を使用すること、電気電子工学科の学生が電気設備や電気機器を使用すること、応用化学科の学生が危険性や有害性を持つ薬品を使用することを許されているのは、それを扱う者がその使用に熟練し、安全を確保する能力をもつことを前提としている。加えて、これらの実験や研究は非定常作業（作業が毎回変わる、使い方が変わる）であるため、ありとあらゆる安全対策を施すことは不可能である。実験や研究あるいは生産現場では「設備」の安全対策の不足を「人間」や「環境」により補わなければならない。ここに大学や企業などの研究現場（試作・生産現場）における安全対策の特徴がある。

1.4　安全と危険の人間的側面、リスクコミュニケーション

リスクコミュニケーションとは社会を取り巻くリスクに関する正確な情報を、行政、専門家、企業、市民などのステークホルダーである関係主体間で共有し、相互に意思疎通を図ることを言う。

リスクコミュニケーションが必要とされる場面とは、主に災害や環境問題、原子力施設に対する住民理解の醸成などといった一定のリスクが伴い、なおかつ関係者間での意識共有が必要とされる問題につき、安全対策に対する認識や協力関係の共有を図ることが必要とされる場合である。例えば、災害であれば発生が危惧される自然災害・事故・テロや有事などにより発生する、核・生物・化学物質に関するNBC 災害などである。そのような災害では、往々にして行政の危機管理能力を超える事態が発生し、市民の理解や協力なくして事態の収拾が困難である場合、避難や救助、近隣住民の安否確認など、市民の協力を得ることで被害の最小化につながるようなことがある。しかし、今日ではリスクコミュニケーションにおいて必ずしも確立された方法は存在しない。それは、そもそもリスクコミュニケーションという概念があくまで危機に対して各主体の意識・情報の共有化が不可欠であるという問題意識から生まれたものであり、決して専門的な手段としてあるのではないからである。

1.5　危険要因分析

大学などの高等教育機関では、形態と程度の差はあれ、教育・研究活動に様々な危険要因を抱えている。それにより、学生や教職員の不注意などから事故へと発展させてしまうおそれがある。そのような状況を的確に把握し、致命的不安全行動をなくすための対策を講じる必要がある。そのためには、リスクマネジメントにおけるリスクの洗い出し・評価と同様の手法による危険要因の分析が効果的である。

一般に「危険要因」とは、状況変化に伴い危険に至るおそれがある状態、または行動を示すものと考えられる。危険要因の背景には、当事者の行動に関わる人、物および環境が存在する。当事者の行動に伴い当事者とそれらが相互作用した結果、当事者にとっての危険要因が発生する。危険要因分析は、教育・研究等に関わる危険要因とそれへの対応の優先度を見極めると共に具体的な対策を案出することにより、実効性のある安全管理に資するために行う。表 1.5.1 は厚生労働省の労働災害原因の分類方式を参考にして作成した一般的な危険要因の例である。

表 1.5.1　一般的な危険要因の例

区分	項目	内容
状態	施設・装備品自体	構造・強度・安全装置の欠陥等
	施設・装備品設置	設置場所、他装備品との関係の不具合等
	施設・装備品取扱法	通常取扱法、安全装置取扱法、不具合対処法の不備等
	環境	物理的環境問題（気温・湿度・風・雨、騒音、有害物質）
		人為環境（人間関係、雰囲気等）問題等
	その他	経年変化、安全管理面の欠陥等
行動	行動の前提	知識不足（構造強度・安全装置、取扱法等）、能力不足
		（思考力、判断力、技術力、運動能力等）、健康問題、
		服装・携行品の不備等
	意識	従業員の問題意識不足、警戒心不足等
	取扱方法	誤操作、不具合対処の誤り、点検不足等
	その他	性格、心配事等

1.6　ヒヤリハット

1 件の大きな事故・災害の裏には、29 件の軽微な事故・災害、そして事故には至らないもののヒヤリとした、ハッとした 300 件の事例があるとする「ハインリッヒの法則」と呼ばれる経験則がある。さらにハインリッヒは、数千件もの「不安全行動」と「不安全状態」が存在し、そのうち予防可能であるものは労働災害全体の 98%を占めること、不安全行動は不安全状態の約 9 倍の頻度で出現していることを約 75000 例の分析から明らかにしている。なお、ハインリッヒは災害を事故と事故を起こさせ得る可能性のある予想外で抑制されない事象と定義している。重大災害の防止のためには、事故や災害の発生が予測されたヒヤリハットの段階で対処していくことが必要である。

「ヒヤリハット」とは、幸い事故には至らなかったものの、事故の一歩手前で「ヒヤリ」としたり「ハッと」した体験のことであり、大きな事故が発生する背後には必ずこのヒヤリハット体験が存在すると言われている。ヒヤリハット事例を分析することが重大な事故を未然に防止するために有効な手段であることから、ヒヤリハット体験や軽症事故事例は、仲間を守る貴重な情報源であるという意識をもって

報告する習慣と、報告された情報を東京工科大学工学部で共有化し、学び合い、事故防止対策に役立てることが大切である。なお、ヒヤリハット報告書の記入方法や提出先は、事故およびヒヤリハットの事例と共に、東京工科大学八王子キャンパスが作成している「安全のてびき　2015」に記載されている。

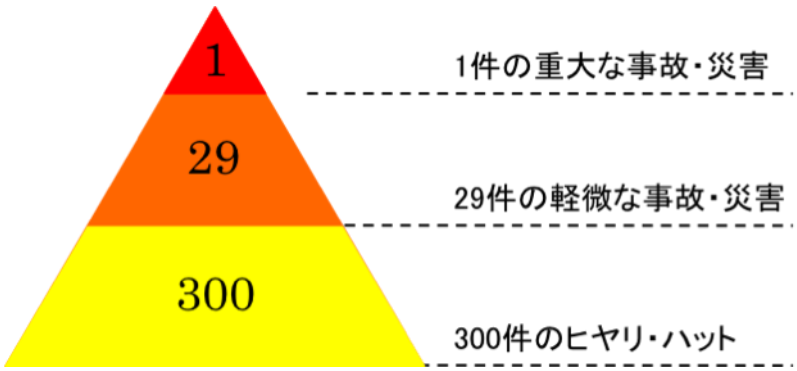


図 1.6.1　ハインリッヒの法則

1.7　東京工科大学における安全管理体制

東京工科大学における教育研究上の安全に関わる責任体制を明確化すると共に、学生および教職員の安全を確保するため、東京工科大学安全管理規程が制定されている。この目的を達成するため、次のような体制が組織されている。

安全管理者	1 名
安全管理補助者	八王子・蒲田キャンパスに各 1 名
安全責任者	八王子・蒲田キャンパスに数名
化学物質管理責任者	1 名
高圧ガス保安責任者	1 名
X 線管理責任者	1 名

２　実験室・研究室の安全・衛生について

2.1　実験室・研究室の整理整頓

安全の基本は職場の整理・整頓・清掃・清潔と言われている。実験室・研究室の現場で起こった災害を調べると、整理・整頓の悪いことが原因となっている場合が多い。また、十分に整理・整頓・清掃された実験室・研究室は、気持ちよく仕事もはかどるものである。

(1) 机上の整理

・事務用品はすぐ使えるように常に整理する。

(2) 物の置き方

・全ての物は置き場所を定めて必ず所定の場所に置く。

・物は必ず一端または一辺を揃え、特に通路に対しては通路面を揃えて置く。

・窓側に採光を妨げる物を置かない。

・高い棚、書架類、ガラス張りの棚等は、転倒を防ぐため転倒防止金具を取付けるなど震災に備える。

・棚や机から書類や物品がはみ出さないようにする。

(3) 通路の整理

・通路には物（特に危険物、破損しやすい物）を置かない。実験室内の通路幅は80cm 以上確保する。

・通路出入口、消火器、電話端子付近には物を置かない。

(4) 廊下の整理

・廊下には原則として物品を置かない。

・非常口、階段等および消火器、消火栓等の周囲には物を置かない。

(5) 4S

・毎日、整理・整頓・清掃・清潔に努める。

(6) 事務用品等の取り扱い

・きしんだり、キャスターが破損した机、イス等は、注油や修理をして使用する。

・キャビネット、書架は必ず転倒防止策を講じる。

・キャビネット、書架の引き出しや扉は、使用後確実に閉めておく。

・2段以上のキャビネットは、ふたつ以上の引き出しを一度に開けると倒れやすいので注意する。

・カッターは使用場所を定め、使用後は必ず止め具で刃を固定する。

・事務機器類は終業時には必ず電源コードを抜く。

・アースを取ることが必要な物品は、アースを取る。

2.2　服装と履物

作業がしやすく、災害から身を守るのに適した服装で、下記のことに十分注意する。

(1) 履物は一般に滑らないものを選ぶ。スリッパ、紐のほどけた靴、ズックのかかとの踏み履きは、つまずく危険があるので避ける。

(2) 白衣、作業着を着用し、必要な場合は安全靴、軍手、ヘルメット、帽子などを着用する。

2.3　疲労への対策

長時間作業を続けると、当然のことながら疲れる。疲れると作業効率が低下し、ミスを誘発する。慢性疲労は心身の障害を引き起こすばかりか、注意散漫となり大きな事故を起こしかねない。夜間の作業は非能率的であり、午前3時から6時の時間帯では作業効率の低下、作業ミスの増加が顕著になる。

疲労を防止し安全に作業するために、下記のことに十分注意する。

(1) 適度に休憩を取り、手足を伸ばして疲れた筋肉を緩める。

(2) 照明、色彩、換気、温熱などが不適当でないか確認する。

(3) 騒音、振動、気圧の異常、粉塵、有害物質などがないか確認する。

(4) 作業域、作業面や椅子の高さなどが不適当でないか確認する。

(5) 作業方式（情報伝達、判断、操作方法など）が不適当でないか確認する。

2.4　電気への対策

私達の生活は電気の利用なしには考えられない。ただし、電気の性質や電気使用のルールを十分に理解していなければ、日常生活に支障をきたすというものではない。ほとんどの電気器具は、間違った取り扱いをしない限り安全に作動するように設計されているからである。しかし実験室では、一般家庭の場合とは異なり、使用する電気装置の種類や数も多く、機器にとって厳しい条件下で使用する場合が多い。さらに、室内の電気配線、種々の電気装置の製作、修理等を自分で行う場合もある。そうした作業に従事する場合には、電気に関する基礎知識を持っていることはもちろん、電気使用のルールを正しく理解しておくことが必須である。

2.4.1　感電

感電の際に問題となるのは、電圧よりも人体を流れる電流の大きさである。人体に対する電流の影響は、通電部位や通電時間により大きな違いがあるが，おおまかな目安を図2.4.1に示す。また、(mA) × (sec)の値が30を超えれば人体が致命的損傷を受けると言われている。状況によっては家庭用の交流100Vでも死亡に到る危険はある。

感電事故を起こさないためには、一般に以下の注意を守ることが必要である。

(1) 濡れた手で電気器具に触れない。

(2) アースを正しく接続する。水の近くで使用する電気器具や、本体が金属製である器具（電動工具、冷蔵庫等）では特に大切である。

(3) 高電圧は触れなくても放電によって感電する危険がある。2.5kVでは30cm、50kVでは１m 以上離れないと危険である。

(4) 特に直流回路では，スイッチを切った後でもコンデンサが高圧を保持していることがあるため、回路内をいじる場合は、その前にコンデンサを完全に放電させることが必要である。

(5) 高電圧部分の検査や修理は安易に行うべきではない。しかしどうしても必要な場合は十分な予備知識を持った上で行う。その際は、肌を露出させない、汗をかいた状態で作業しない。

(6) もし感電等の事故があった場合には、血管等が損傷を受け、後遺症が残る可能性があるため必ず医師の診断を受けること。

図2.4.1　感電時への人体への影響

2.4.2　漏電

漏電は電気機器が古くなって絶縁が不良になったり、機器内部に湿気がついたり、高圧部分にほこりがたまったりすることで起こることが多い。漏電は火災に直結するので非常に大きな災害の原因となる他、漏電が感電を引き起こすことも多い。漏電防止対策としては以下のような事項が考えられる。

(1) 水気や湿気のある場所で使用する電気機器、電気ドリルなどの機器や電源には、漏電遮断器を取り付ける。これは漏電が起こった場合に直ちに電源を遮断するもので、配電盤につけるタイプと、コンセント差し込み型がある。

(2) 腐食性ガスが発生する所には電気機器を設置しない。

(3) 特に電源部分にはゴミやほこりがたまらないように適宜点検する。

(4) AC プラグのネジのゆるみ、コードの折れ曲がり部分の損傷等でショートが発生することが多い。時々点検するように習慣づけることが必要である。

2.4.3　過熱

過熱には電気器具自体の過熱と、配線やコンセントの過熱とがある。

(1) 過熱によって事故を起こしやすい機器として電熱器（電気コンロ）がある。特に発熱体がむき出しのコンロは危険である。その様な機器の使用に際しては必ず誰かがそばについていること、短時間の使用にとどめること等の注意が必要である。最近は電気ヒーターでもシーズヒーター（発熱体が金属パイプの中に埋め込まれている）、ホットプレート、電磁調理器の様な安全性の高い製品が種々発売されているので、それらを使うようにしたい。マントルヒーターの様に実験用に作られたヒーターは、長時間安全に使用できる。

(2) 電気ストーブも過熱の危険が高い。特に600W 以上の大型のものでは、機器自体だけでなく、コンセントやコードも過熱しやすいので注意を要する。

(3) 1000℃以上になるような電気炉を無人で長時間使用する場合は、炉の周囲に燃えやすいものを置かない等、十分な注意が必要である。また電気炉のターミナル等は高温のため、劣化しやすいので配線部分の点検が欠かせない。

(4) 配線やコンセントの過熱は、定格以上の電流を流したときに起きる。コードやテーブルタップ等の電流容量には常に注意を払う必要がある。テーブルタップは定格15Aのものが多い。

2.5 地震への対策

2.5.1 地震の知識

地震は突然発生し、建築物の倒壊、家具等の転倒、落下などの物的被害とそれに基づく人的被害を含む直接被害だけはない。地震が原因となって火災、危険物の流出・拡散・爆発など間接的な被害も起こるので、地震災害は時には非常に大きなものとなる。また、電気・ガス・水道などの停止による各種機能の損害も長期的な問題を引き起こす。地震災害を最小限にするには、地震の知識や事前の地震に対する備えが必要であり、不意の地震時における心の備えも肝要である。

大きな規模の地震が起きた場合に予想される被害の大きさは、震源からの距離、地盤の強さなどによって変わる。遠方で発生した大規模地震に伴う揺れによって起きる家財などの転倒被害と、直下型の地震で生じる地割れなどの地盤被害、家屋の倒壊などの地震災害とは区別して考える必要がある。

(1) 地震動の性質と行動

地震と一口に言っても、地震の強さや性質により想定される状況とそれに対応する処置は異なってくるため、地震時の心得は画一的な項目の羅列では不十分である。地震の強さを表す尺度は震度で表示される。日本では気象庁の震度階級が用いられており、その定義は、強い地震から無感のものまで震度7から0までの8段階で表示される。

震度7 激震：30%以上の家屋が倒壊し、山崩れ、地割り、断層などが起きる。

震度6 烈震：家屋の倒壊は30%以下で、山崩れや地割れが起こり、多くの人々は立っていられない規模の地震。

震度5 強震：壁に割れ目が入り、墓石や石灯篭が倒れたり、煙突、石垣などが破損する規模の地震。

震度4 中震：家屋の動揺が激しく、座りの悪い花瓶などが倒れたり、器内の水が溢れ出る。また、歩いている人にも感じられ、多くの人が戸外に飛び出すほどの地震。

およそ震度4以上の地震から大きな被害が発生すると言われている。震度の定義は漠然としていて個々の状況は判断し難い。気象庁では、1995年1月に発生した阪神・淡路大震災を契機に、震度階級の見直しを行い1996年10月に改訂案をまとめている。現行の0～7の震度階を踏襲するが、震度5と6を強と弱の2段階に分けている。また、従来の定義に対し、項目ごとに詳細な解説文をつけている。人間の行動についての解説文を以下に示す。

震度7　揺れに翻弄され、自分の意志で行動できない。
震度6強　立っていることができず、這わないと動くことができない。
震度6弱　立っていることが困難になる。
震度5強　非常な恐怖を感じる。多くの人が行動に支障を感じる。
震度5弱　多くの人が身の安全を図ろうとする。一部の人は行動に支障を感じる。

震度5弱以下の地震であれば、被害はほとんど生じない。被害の大部分は、座りの悪い家具などの転倒、棚の上に載せてある物の転落などである。ブロック塀の倒壊や不安定な看板の転落なども起こるかもしれない。大学では薬品の転落、キャビネットの転倒などの可能性がある。この規模の地震に関しては、日頃から転倒防止、落下防止の対策をとっておけば被害を最小にとどめることができる。

震度5強以上の地震になると、家屋の倒壊、地割れ、場所によっては噴砂や地盤の流動などの地震災害が発生する可能性が高い。現在のところ精度がよい地震予知は不可能なので、このような事態に対する有効な防衛手段はない。地震に伴って火災が発生する可能性も考慮に入れ、避難場所・家族との連絡方法など、平時から確認しておくことが一定の防衛手段になるであろう。

震度5強以上の地震では大半の行動が不自由になり、無理な行動は逆に思わぬ事故を招く。避難の際は安全な空間に身を寄せ、余震の可能性を考慮し、頭上からの落下物対策のために頭部を身近なもので保護するなど身の安全を考えるのが第一である。

地震の強さを表わす震度は、地震が発するエネルギーの大きさ（マグニチュード）と地震の発生源である震源との距離によって決まる。マグニチュードが大きくなると震度は大きくなり、震源から遠ざかるほど震度は小さくなる。マグニチュードの大きな地震ほど揺れが継続する時間は長くなる。被害を小さくするには、この時間をいかにやり過ごすかが重要になってくる。例えば、非常に被害が大きかった1995年阪神・淡路大震災のマグニチュードは7.2で数値の上では最大級ではなく、強い揺れを生じた時間は10秒程度であった。同程度のマグニチュードの2000年鳥取県西部地震の時は、震源地が山間部であったため数値から予測されるほどの被害は免れた。

地震の波は縦波（P波）と横波（S波）で構成される。P波の伝播速度はS波に比べて早い。そのために震源から遠ざかるにつれて、両者の波の到達時刻に差が生じる。一般に地震は最初軽微な縦揺れ、すなわち上下動を感じ、しばらくして大きな横揺れ（主要動）に至る。この間の時間（秒）を初期微動継続時間と呼び、7km/sを乗じるとおおよその震源距離を求めることができる。100kmほど離れた地震では、10数秒の初期微動継続時間があり、地震を感じてから主要動に至る時間を有効に使うことができる。地震を感知してから揺れが大きくなるまでにすべきことは多い。火気の始末、出口の確保などである。しかし、震源距離が短い場合、すなわち直下で地震が発生した場合には初期微動の時間は短く、例えば、阪神・淡路大震災の神戸市では、地震を感知するとほぼ同時に大きな揺れに遭遇している。このような場合には、初期微動継続時間を利用した余裕のある行動はほとんど不可能である。大震動下での無理な行動は逆に事故のもとである。身の安全を確保するのが先決である。直下型の地震の場合、海洋で発生する巨大地震に比べマグニチュードが一回り小さいことが多い。しかし、主要動の継続時間はずっと短くなるので10数秒間をいかにやり過ごすかがポイントになる。

(2)　日頃の心構え

(a) 救急薬品を常備し、緊急連絡網の体制を整えておく。

(b) 避難器具、避難経路、避難場所などを確認しておく。

(c) 避難経路（廊下、階段、通路）にはできるだけ物を置かない。

(d) 消火器、消火栓など防火設備の設置場所を確認し、使用方法に慣れておく。

(e) 書庫やロッカーなどの背の高い物体は転倒の恐れがあるので、アンカーボルトなどで上部を壁に固定する。また、その上部に物を置かない。

(f) 重量物は滑り出す恐れがあるので、床面にアンカーボルトなどで固定する。

(g) 普段人のいない部屋で発火した場合は対応が遅れがちになるので、このような部屋にはできるだけ発火の恐れがある危険物などは置かない。

(h) 非常持ち出し品を常に確認し、とりまとめておく。

(3) 地震時の心得

(a) 地震の感知から主要動まで

地震を感知してから揺れが大きくなるまでにできることをする。

① 火元の始末

② 発火や爆発の恐れがある装置類の運転の停止。

③ 出口（脱出口）の確保。避難には非常口および非常階段を利用しエレベーターは使用しない。

④ 身の安全を図る。転倒物、落下物（照明器具を含む）、ガラス窓などに注意しながら危険な箇所から退避する（退避の際は壁や塀に近づかない）。

(b) 主要動の最中

揺れの強さ、すなわち震度によって行動が著しく制限される。身の安全の確保が第一である。不用意な行動はケガのもとであり、慌てることなく冷静に行動する。

(c) 主要動が終わってから

①火元の再確認。ガスの元栓、電源の確認を行う（後の漏電などによる出火防止のため電源ブレーカを切る）。

②火災発生の場合は初期消火に努める。

③負傷者の確認や介護を行う。

④退避する場合には、必ず靴を履いて徒歩で避難し、ガラスなど散乱物に注意する。

⑤緊急時以外の電話は控える（家族などの安否確認は災害用伝言ダイヤルNTT171を利用する）。

⑥ラジオなどからの正しい情報の入手に努め、デマを信じない。

⑦指定されている避難場所へ待避する。

2.6 火災への対策

2.6.1 火災について

火災がひとたび発生すると、人身事故につながる危険性は極めて高く、建物や設備にも大きな損害をもたらすこととなる。火気を粗略に扱ったり、燃料や設備器具の取り扱いを知らなかったり、また、知っていてもそのとおりにしなかったために、引き起こした火災の例は非常に多い。大学においても、実験室等で火災が発生し、建物や機械設備はもとより、苦労して採取した研究データ等をも、一瞬にして灰にしてしまった残念な例がある。これらの火災を繰返し発生させないためにも、日頃から十分注意し、自分の職場または実験室から絶対に火災を発生させてはならない。

2.6.2 火災予防

火災予防のために次の心得を守らなければならない。

(1)「火気厳禁」の表示がある場所では、火気を絶対使用してはならない。

(2) 危険物の保管は、防火区画内で指定数量の0.2 倍以下の量であること。

(3) 実験室内は、どこで事故が起こっても全員が廊下に退避できるように装置類の配置を考慮し，常に安全な出口を確保すること。
(4) ゴム管、塩ビ管は完全な物を使用し（折り曲げて亀裂の入るものは不可）、脱落や電気コードとの接触に注意すること。
(5) スイッチ、ヒューズおよび電気コードは規格品を用い、タコ足にしたり、床にたれ下がる配線をしないこと。
(6) 火気使用器具は不燃性の台の上に置き、破損、ガラス器具のキズ等は実験前に必ず点検すること。
(7) 熱源の近くに引火性、可燃性の物質を置かないことはもちろん、室内は常に整理しておくこと。
(8) 可燃性の溶剤は、必要な量のみを小出しにして使用すること。500cc以上の大量の溶剤を実験台に置かないこと。これらの量の大小が事故の拡大、避難の可否に決定的要因になることが多い。なお、少量を容器にとっておく場合は必ず作りがしっかりしたビンに入れ、ビンの口にぴったりあう栓をややゆるめにしておく。（溶媒が蒸発して圧力がかかりビンが割れる恐れがあるので危険である。）
(9) 未知の点が多く危険を伴うような実験は、夜間を避けるとともに一人だけでは行わないこと。
(10) 日頃から実験室の4Sを心掛け、雑然としたところでの実験は避けること。
(11) 帰宅時は職場内を点検し、火気の始末、電気器具の電源コードの抜き取り、戸締まり，消灯等を確認した上で帰宅すること。
(12) 火災発生または爆発等の恐れがある箇所を発見したときは、ただちに守衛所に通報するとともに、初期消火等の臨機の措置を講ずること。

2.6.3 爆発が起こったときの処置

(1) 付近にいる人が被害を受ける可能性が大きいので、負傷者の救護をまず心掛けること。
(2) 爆発を起こした装置は直ちに危険がない状態にし、それが困難で引き続き爆発の危険があるときは早めに避難すること。
(3) 爆風、飛散物による破壊のため、付近で二次的な事故が起こる恐れがあるので、爆発した装置だけでなく、付近も点検すること。
(4) 爆発によって火災報知機が作動したとき、または爆発によって火災が発生したときは、「火災が発生したときの処置」に準じて行動すること。

2.6.4 避難

(1) 火災またはガスの発生が初期消火の手段では手に負えないと判断した時は、速やかに安全な場所へ避難すること。
(2) 消火器で消火できる火災の限界は、壁の内装材が燃える程度までである。天井が燃え始めると消火は難しいので速やかに避難すること。
(3) 部屋を退出する場合は、ガス源、電源、危険物等の処理を行った後、内部に人がいないことを確認して、出口の扉を閉めること。
(4) 廊下における避難路の選択は、アナウンス等の情報がない場合、煙の動きを見て風上に逃げる。室内での煙の速度は、縦方向は3～4m/s、横方向は0.5～0.8m/s であることを熟知しておく必要がある。
(5) エレベーターは停電がなくとも停止させることがあるので使用しないこと。

(6) 階段は煙の通路になり危険が多い。平常から避難経路を考え、建物の構造、非常口等をよく調べておく必要がある。
(7) 煙が多い場合は手拭い等を口にあて、低い姿勢で避難する。煙が床まで下がるにはかなりの時間がかかる。
(8) 非常階段や非常はしご等が使用できない緊急の場合は、窓を開け大声で助けを呼ぶこと。
(9) 廊下の防火扉は必ず内側に人がいないことを確かめてから閉める。強く押すか、強く引くかによって開けることができるようになっている。

2.6.5 夜間の通報連絡

夜間の火災の場合は人手が少ないため、日頃から指導教員や守衛の在室時と不在時の場合を考えて対処しなければならない。

火災が発生したときは、火災通報器のボタンを押すことにより中央監視室へ通報する。

2.7 クリーンルームでの作業

(1) 特に気密性が高いため、常に窒息、薬品吸引、引火、爆発、微生物による汚染などの恐れがある。十分に注意すること。実験中、異常を感じた場合は速やかに退出すること。
(2) クリーンルームの汚染原因は搬入される資機材や人間である。入室・搬入する際にはバリア機器を介すること。

参考；クリーンルーム：コンタミネーションコントロールが行われている限られた空間であって、空気中における浮遊微小粒子、浮遊微生物が限定された清浄度レベル以下に管理される。また、その空間に供給される材料、薬品、水などについても要求される清浄度が保持され、必要に応じて温度、湿度、圧力などの環境条件についても管理が行われている空間である。（JIS Z8122 4001）

2.8 低温室での作業

低温室は低温での実験器具、冷蔵保存物を置く場所である。低温室は極めて特殊で苛酷な環境であるため、少しでも体調に不安がある場合は、決して無理をしてはいけない。低温環境下では、通常より感覚や痛覚が鈍り、判断力が低下することが多いため特に注意すること。気密性が高いため、空気が汚染される可能性が高く、常に窒息、引火、爆発などの恐れがある。
(1) 低温環境下では、通常より感覚や痛覚が鈍り、判断力が低下することが多いため、作業手順を事前に確認するなど万全の準備を行うこと。
(2) 実験システムを開放系とせず、不要なガスは低温実験室外に排出するような工夫をすること。
(3) 冷却循環装置や人体への悪影響も考えられるため、埃っぽい服装や土足での使用、埃っぽいものの持ち込みは禁止する。測定機器を低温室に持ち込むとき、または持ち出すときは結露によるショート事故を避けるため、ビニール袋に入れるなどして結露から保護すること。
(4) 室内は整理整頓を心がけ、出口までの通路を確保すること。
(5) 短時間でも確実にドアを閉めること。
(6) 室内灯の点灯、消灯で実験中かどうかを知らせること。

(7) 実験中にめまいや息苦しさを感じた場合は速やかに退出すること。低温室のこまめな換気を行うこと。（液体窒素やドライアイスなど揮発性の高い物質、メタノール、燃料など引火性のある物質を用いる場合、酸化や燃焼、呼吸など酸素を要する実験を継続して行う場合には適時換気を行うこと。）
(8) 防寒具（防寒服、手袋）を着用すること。低温室から出た後も、身体が気温に慣れるまでは防寒具を脱がないこと。
(9) 長時間の実験は控えること。長時間に渡る場合は、1時間毎に室外で十分な休息をとること。
(10) 単独での作業は極力避け、できるだけ2名以上で入室すること。
(11) 低温室内に閉じ込められた場合は、緊急脱出装置のレバーを回せば開く。落ち着いて行動すること。

注意：低温室によって緊急退出方法が異なるので、低温室使用の前に安全教育と退出方法の訓練を受けること。また、室内で使用する寒剤の取り扱いや、低温機器についても事前に把握しておくこと。

2.9 局所排気設備（ドラフトチャンバー）での作業

実験中は、化学物質あるいは化学反応により発生するガス、蒸気を吸入または接触する危険が生じる。このような潜在的な危険を防止するために、第一のバリアとしてドラフトチャンバーがある。ドラフトチャンバーは換気能力の優れた設備だが、設置や使用方法を誤ると十分な安全性を確保できない。ドラフトチャンバーを安全に使用するために必要な以下の項目について熟知しておくこと。ドラフトチャンバーを使用する実験中に、めまいや息苦しさを感じた場合は、速やかにその場を離れること。
(1) 前面開口部の面風速は、安全上の基準値として0.5 m/sと決められている。これが確保されていること。
(2) 前面開口部に影響を与えるような気流を作らないこと。実験室内の吹き出し口から供給される空気の気流は、ドラフトチャンバー内部の空気の漏洩の原因となる。実験室の扉の開閉や人の移動によっても気流が生じるので注意すること。ドラフトチャンバーの手前60cmを通過しないこと。ドラフトチャンバーの気流は内部に置かれる機器によっても阻害されるので、機器類はドラフトチャンバー内の開口前面および側面から150mm 以上、作業面との間に50mm 以上の空間をあけて使用すること。また熱源を使用する場合にも内部に気流を発生させるため、十分な排気量を確保すること。
(3) 前面サッシの開口部の高さは通常400mm 以下で使用すること（半開程度）。これは面風速の低下を防ぐと共にドラフトチャンバーで爆発などの事故が起こった場合、作業者の顔面部を保護するため重要である。実験中ドラフトチャンバーでの作業が必要ない場合、サッシは完全に閉めておくこと。
(4) ドラフトチャンバーの排気量は、室内の圧力変化や給気量とのバランスによっても影響を受けるため給気にも配慮すること。給気口のフィルターは定期的に清掃すること。
(5) 実験中は、突発的な液体等の飛散から目を保護するため保護メガネを着用すること。ドラフトチャンバー内には使用しない薬品や器具は置かないこと。

2.10 避難経路の確保

地震や火事はいつ起こるかわからない。建物の耐震対策は事業者すなわち大学の責任･役目である。一方、室内・廊下の家具の配置や固定は実験室管理者や研究室構成員の責任である。避難経路の確保は地震や火災対策の基本となる。避難経路の危険は場所により異なるため、自分の居室・実験室・講義室から屋外まで脱出できるかどうかを想像すること。「もし地震が起きたら」「もし火事になったら」、い

ろいろな「もし～したら」の事態を想定し、想像力と常識力を働かせて、避難経路上の危険要因を一つでも排除すること。

2-10-1　ハード面

・扉の周辺：学内の多くの実験室の扉は内開きである。扉の周辺に倒れたり動いたりして扉を開けることを阻む家具はないか確認すること。もしあれば、壁面・床に固定する。
・廊下：廊下に出ても、ロッカーや戸棚が倒れていると、安全に脱出できない。特に外開きの扉の場合、致命的である。廊下には転倒の恐れがあるロッカーやガラス戸棚を置かないこと。
・階段：階段は普段でも事故が多い場所である。発災時には皆がそこを駆け降りる。階段が物置になっている場合はすぐに片づけること。
・出入り口：内側から簡単に出入り口が開くようにしておくこと。非常口の周辺はきちんと片づけること。
・　照明：夜中に研究室で停電になると、廊下や階段の非常灯はついても、室内は真っ暗になる。手元に懐中電灯を用意すること。

2-10-2　ソフト面

・避難経路、消火器の周知：火事はどの部屋で起こるかわからない。複数の脱出経路、消火器の置き場、消火栓を確認し、部屋の扉に掲示して周知しておくこと。
・発災時：まずは「地震だ、火を消せ！」「火事だ！」と大声で叫ぶこと。発災時の対応をマニュアルにして扉に掲示しておく。マニュアル化してあれば「恥の壁」や「パニックの壁」を越えることができる。普段から安否確認や点呼の準備をしておくこと。
・近隣研究室との連携：火事が起きたときに、消火器を貸し借りできる関係を築いておくこと。

３　緊急時の一般的措置について

3.1　災害発生時の基本行動

災害が発生した場合は下記の手順に沿って行動すること。まず、安全な場所へ避難することを第一とし、所定の避難場所に移動すること。なお、落ち着いた後は家族や大学へ連絡することを忘れてはならない。各行動についての注意書きを表 3.1.1 に示す。

表 3.1.1　災害発生時の基本行動とその詳細

①　安全な場所に避難	まずは自分の命を守ることを最優先とし、安全な場所へ避難すること。避難場所は総合グラウンドである。
②　外部への連絡	家族や大学への状況連絡を試みる。家族はもちろんだが、大学（学務課）への連絡も忘れないこと。

3.1.1　避難場所

災害が起こったときは、まず安全な所へ避難すること。八王子キャンパスの避難場所は図 3.1.1 に示すとおり、基本的には総合グラウンドである。状況により、本部棟前、片柳研究所棟前、研究棟 AB 前を一時集合場所とする場合がある。避難する際は大学からの指示に従うこと。

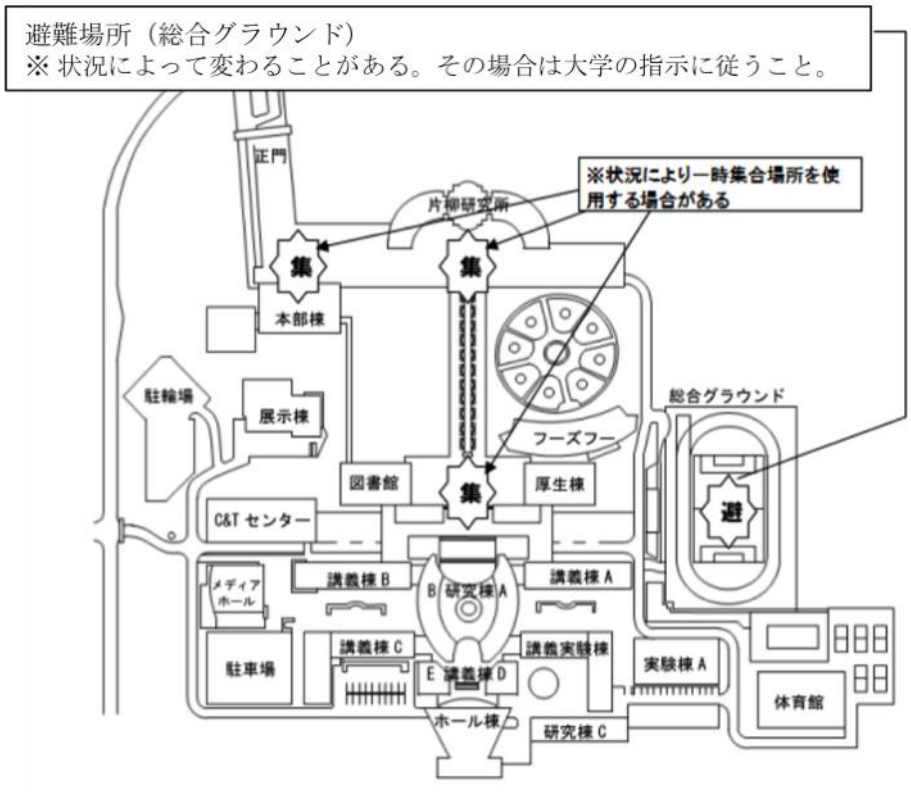


図 3.1.1　八王子キャンパスにおける避難場所

3.1.2　帰宅について

災害により交通機関がマヒした際に、徒歩で帰宅できる目安はキャンパスから 20km 以内に自宅がある場合とされている。しかしながら、まずは所定の避難場所に避難の上、大学からの指示を待つこと。

また、災害の規模や、時間、交通機関の状況、自身の体調や体力によって臨機応変に対応すること。なお、大学は広域避難場所に指定されているため、一般の方が避難してきた場合、避難所運営等の補助を依頼することもある。

3.1.3　災害発生数日後の対応

災害直後は連絡がつかないことも起こり得るが、まずは家族と大学への連絡を試みること。また、休講・授業情報が大学から発信されることもある。

●家族との安否連絡

災害直後から、携帯電話はつながらなくなる可能性が高い。家族への安否連絡は、公衆電話（硬貨使用）やNTT の災害用伝言ダイヤルを利用すること。

●大学への安否連絡

地震発生後、大学に対し、表 3.1.2 に示す内容についてメールにて 1 週間以内に安否状況を知らせること。また、メールが使用できない場合、学務課（042-637-2113・2114）もしくは大学代表番号（042-637-2111）まで電話で連絡すること。

表 3.1.2　大学への安否報告の内容

項目	内容
送付先	jm-hcgakumu@stf.teu.ac.jp（学務課）
タイトル	「安否報告」
所属	学部・学科、学籍番号、氏名、担当教員（フレッシャーズゼミ、研究室等）
状況	本人や家族の負傷、自宅の破損状態、連絡が取れる電話番号

●休講・授業情報

休講や授業の状況、キャンパス内への立ち入り等については、大学のホームページ（学外ページ）にて告知する。

3.2　火災時の緊急措置

3.2.1　火災発見時の初動について

火災を発生させた、もしくは発見した場合は、下記の手順に沿って行動することを基本とする。まず、一人で対応しようとはせずに、大声で助けを呼ぶ。そして、自分に燃え移った火を消す等の安全確保を行った上で、警備室等へ連絡する。周囲に可燃物があれば取り除き、またガスの元栓を閉める等、これ以上燃える物を増やさないよう初期消火を行うことが望ましい。ただし、人の背丈を超える炎が出た場合には自身の安全を第一として、無理に消火活動等はせずに避難すること。

これらの行動の詳細について表 3.2.1 に示す。

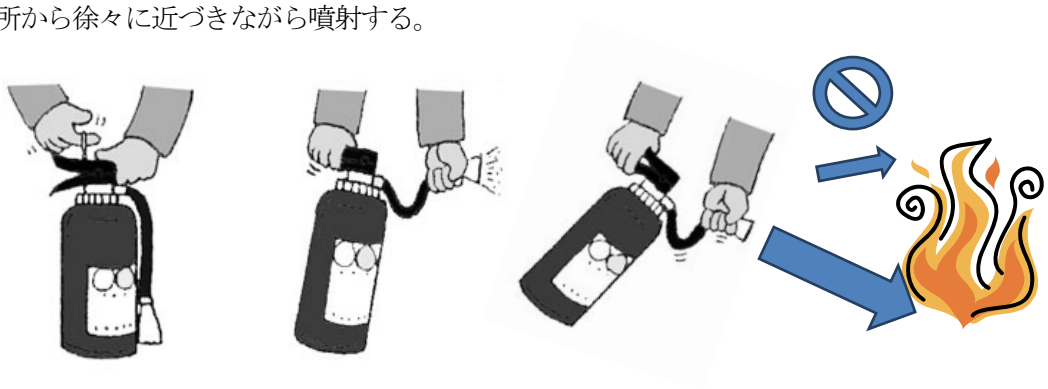
表 3.2.1　火災発生時の行動についての概要とその詳細

① 周囲の人に知らせる	一人で対応しようとせず、まずは大声で人を呼ぶ。
② 安全確保	衣服に火が燃え移った場合、叩き消すか、脱ぎ捨てたり引き裂いたりして取り除く。また周囲の者は直ちに毛布等で身を包んだり、

	濡れタオルや水を使って消す。
③ 外部への連絡	火災通報設備の赤い通報ボタンを押す。
④ 周囲の可燃物の除去	ガスが燃えている場合はガスの元栓を閉める。出火周辺の可燃物（紙、引火性薬品など）をできる限り取り除く。
⑤ 初期消火 or 避難	小さな火災であれば消火器等で初期消火に努める。ただし、人の背丈を超えるサイズの炎が出た場合、炎が天井まで届いてしまった場合などは無理をせず避難すること。

3.2.2 消火器の使い方

小さな火であれば消火器で消すことができる。まず、自身の安全を確保するために、風上で作業をすることを忘れてはならない。その上で、消火器を使用可能にするための安全ピンを抜き、ホースを外して火元に向ける。レバーを強く握ると消火剤が噴出するが、このときに火の根元をめがけて少し離れた場所から徐々に近づきながら噴射する。



1. 安全ピンを抜く　　2. ホースをはずし火元に向ける　　3. レバーを強く握って近づきながら火の根元に噴射する

消火器の基本的な使い方の手順とその詳細を表 3.2.2 に示す。

表 3.2.2　消火器の基本的な使い方の手順とその詳細

①　風上（出口側）で作業	屋外で使用する場合には風下は危険なので風上から消火する。屋内では出口を背にいつでも逃げられるようにしておく。
②　消火器を準備	安全ピンを抜き、ホースを外して火元に向ける。
③　徐々に近づく	低い姿勢で熱や炎を避けるようにして、レバーを握って火元にむけて噴射しながら徐々に近づく。 ※至近距離から噴射すると火が飛び散る危険性あり
④　火の根元を掃くように消火	炎や煙にまどわされず火の根元にノズルを向け、火元を掃くように左右に振り消火する。
⑤　無理は禁物	1本で消火できなかった場合、その場からすぐに避難すること。

3.3　地震時の緊急措置

3.3.1　地震時の初動について

地震が発生した場合には、まずは自身の安全を第一とし、机の下など安全な場所へ隠れ、揺れが収まるのを待つことが大切である。揺れが収まってから、ガスの元栓を閉めたり火の始末をあわてずに行い、実験装置を停止する。避難ができるように窓や扉を開けておき、ケガ人等がいないかを確認し、一時避難場所（総合グラウンド）へと避難する。これらの一連の行動において、頭上からガラスの破片等が降ってくるような非日常的な危険があることを考慮し、頭や手足を守ることを忘れてはならない。

表 3.3.1　地震時の基本的な行動と注意点

地震時	①　身を守る	まずは自分の身を守ることを最優先とし、机の下等落下物の危険がない場所へ隠れること。揺れが収まるまでは動かない。
地震直後 ※倒れた家具やガラスの破片などに注意！	②　火元の確認	火を使っている時は、揺れが収まってから、あわてずに火の始末をする。動いている実験装置等も停止する。
	③　出口を確保	避難ができるよう、窓や扉を開ける。
	④　室内の安全確認	ケガ人や、倒れた棚等の下敷きになっている人がいないかを確認する。
地震後	⑤　避難	隣接する部屋で助け合い、一時避難場所（総合グラウンド）へ移動する。この際、床だけでなく上から降ってくる物にも注意し、持っている鞄や衣類等で頭や手足を守ること。

3.3.2　地震時の初動の注意点

①すぐに建物の外へ飛び出さない。

②ガラスが割れたり中のものが飛び出しそうな棚などの近くから離れる。

③机の下等に潜るか、鞄や衣類等で頭を覆い、落下物（※）から頭と手足を守る。

④ドア付近にいる人は、ドアを開けて避難口を確保する。

⑤薬品等から離れる。

⑥すぐに火を消せるのであれば火を消す。

⑦広場やグラウンド等の場合は、その場で座り込み、揺れが収まるのを待つ。

※埋め込み型エアコン、モニター、照明、プロジェクター、スピーカー等

緊急地震速報を受信した場合も、同様の行動を行うこと。

3.3.3　揺れがおさまった後の対応

１．心構え

① 冷静に。

② 建物、火災、負傷者はいないか等の確認を行う。

③ 火災の場合、安全な範囲で初期消火を行い、学務課、学部事務室、警備室等に連絡する。

④ 負傷者がいる場合、応急手当を行い、医務室、学務課、学部事務室、警備室等に連絡する。

2．自分が負傷して動けない場合

① 大声をあげて助けを呼ぶ。

② 自分の存在を明らかにする。

③ 声が出ない場合、何らかの手段で大きな音を出し周囲に気付いてもらえるようにする。

3．生存者を探す場合

① 大声を出して生存者に呼びかける。

② 発見した場合はすぐに救助を始め、大声で周囲に協力を呼びかける。

4．安全について確認するポイント

① 備品が倒れ散乱していないか、薬品の漏れや流れ出しがないか等を確認する。

② 周囲の教室や部屋の状況を確認し、非常放送があった場合は、その指示に従う。

③ 建物が傾いていないか、壁にひびが入ったりしていないか等を確認する。

④ 火災が起きていれば、消火できるかどうかを判断する。

5．実際に避難する際のポイント

① 火災の場合、避難する前にタオルやハンカチで口を覆う。

② エレベーターは使わない。

③ 必ず避難経路に従う。

6．地震発生後 3 分経過

① 余震を想定し、窓やドアを開け避難ルートを確保する。

② 火災等の 2 次災害を防ぐために、ガスの元栓を閉める。

③ 電気器具はプラグを抜き、スイッチを切る。

4　傷病への応急処置について

4.1　事故発生時の対応

キャンパス内での事故やケガは発見者が付き添い、直ちに医務室へ行くこと。歩行が困難な場合は、医務室へ連絡すること。医務室が閉室している場合は、学務課へ連絡する。万が一、直ちに救急要請をしなければならない場合には、発見者が現場から直接 119 番通報をすること。その際には、救急要請した旨の連絡を必ず学務課に入れること。また、学務課閉室の場合は、緊急車両が到着することを警備室へ連絡する。

4.1.1　事故発生からの連絡手順

事故発生
→ ※歩行可能 → 発見者が付き添い医務室へ行く。
→ 歩行困難 → 発見者が医務室へ連絡する。医務室が閉室している場合は、学務課か警備室へ連絡する。
→ 緊急時 → 発見者が、その場から救急要請を行う。その後、学務課もしくは警備室へ必ず連絡する。

※歩行可能であっても、頭などを強打していたり、大量に出血している時などは、その場から動かさないこと。

表 4.1.1　緊急時連絡先一覧

	医務室	学務課	警備室
八王子キャンパス 042-637-2111（代表）	1119（内線）	2052（内線） 042-637-2114（直通）	1700（内線） 1703（夜間内線）

4.1.2　医務室

厚生棟１階の医務室では看護師が待機し、ケガや病気に対する処置を行う。また、気分が悪い場合は休憩することも可能である。

表 4.1.2　医務室の開室

医務室開室日・時間			校医来校日・時間
授業開校日	月曜日～金曜日	９：００～１８：３０	毎月第２木曜日・第４水曜日 １５：３０～１６：３０
	土曜日	９：００～１７：００	
授業休講日 補講日	月曜日～土曜日	９：００～１７：００	
内線番号　１１１９			

図 4.1.1　医務室の場所

4.2　ケガの注意事項

ケガをした場合、担当教員へ報告するとともに、直ちに医務室（厚生棟１階、内線：1119）で手当てを受けるか、必要に応じて医療機関を受診すること。

① 小さなケガや火傷の場合には自分で手当てを行ってもよいが、基本的には医務室のスタッフや外部医療機関の診察を受けること。

② 打撲や捻挫と思うようなケガは内出血や骨折等の可能性もあるため、医務室のスタッフや外部医療機関の診察を受けること。

③ 治療にあたっては、勝手な自己判断をせずに必要な治療をきちんと受けること。

④ 負傷の経緯や経過を上司や担当教員に具体的に報告し、災害の再発防止に役立てること。

4.3　ケガの応急処置

4.3.1　一般的な処置

- 止血、細菌感染防止、苦痛除去の 3 点が重要である。
- ショックによって倒れたりする前に、まずは患者を寝かせる。顔色が悪い場合は、足の下に何かを入れて足を少し上にあげるようにする。
- 嘔吐をしている場合には顔を横に向け、嘔吐によって呼吸ができなくならないようにする。
- 出血、火傷、骨折等の症状を見落とさないよう患者をよく観察する。大出血、呼吸停止、中毒は特に早急な処置が必要である。
- 衣服類を除去する必要があるときは、無理に脱がそうとせずハサミ等で切る。
- 眼に異物が入ったときは、まずは洗眼すること。過度に眼をこすったりすると被害が拡大するので

とにかく洗眼すること。

- 患者をむやみに動かさないこと。できるだけ温かく保つようにすること。
- 意識がはっきりしない患者に水その他を飲ませないこと。喉を詰まらせたりする危険性がある。
- 重症の場合は負傷した部位をあまり本人に見せないようにし、元気づける。また、見物人は遠ざける。

4.3.2 普通の傷

傷口が汚れている場合は流水で洗浄する。清潔なガーゼ等で出血部位を圧迫して止血する。必要であれば包帯をする。腫れや痛みにはアイシングが有効である。

4.3.3 出血の多い傷

動脈からの出血は、傷口から鮮やかな赤い色の血液が、脈拍に合わせて吹き出す（図 4.3.1 左）。また、静脈からの出血は、暗赤色の血液がじわじわと湧き出るように流れ出る（図 4.3.1 右）。このような場合は、以下のような止血の手当を行う。

図 4.3.1　左：動脈からの大出血鮮紅色の血液が傷口から噴き出している。
右：静脈からの出血暗赤色の血液が傷口から多量ににじみ出ている

●傷口を直接圧迫して止血する（直接圧迫止血法）

ガーゼや折りたたんだハンカチなどの清潔な布（タオルや三角巾）を傷口に当てて、上から強く圧迫する。手近に布などがなければ、直接手のひらで圧迫する。

この時、出血部位を押さえる材料の条件は以下のとおりである。

- 清潔である。
- 厚みがある。
- 出血部位を十分に覆うことができる大きさがある。

また、圧迫するときのポイントは下記のとおりである。

- 出血部位にガーゼ等を当て，その上から手で強く圧迫する。片手で止血できなければ，両手で圧迫する。
- 止血が十分でない場合は，圧迫の継続が必要である。

感染防止の観点から、血液や患部に直接触れないようにするために、ビニールかゴム手袋を使用することが望ましい。

●ガーゼを当てて包帯などで止める

出血が止まったら傷口にガーゼを当て、その上から包帯や絆創膏で止める。そして医務室や病院へ行く。

●止血帯で血を止める

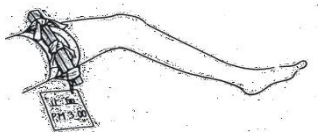
幅5cmくらいにたたんだ三角巾やスカーフ、長めのタオルを傷口より少し心臓に近いところに巻く。(針金やひものような細いものは使わない)

止血帯を結んだら、その上を硬い棒（スパナや金属パイプなども代用できる）をおいてさらに結ぶ。

血が止まるまで棒を回転させる。

血が止まったら、それ以上は締めすぎないようにする。棒の両脇をハンカチなどで結んで固定する。

目立つところに巻いた時間を書いておく。



※止血する際は、血液感染防止のため、直接血液に触れないように工夫する。手当てを行った後は、必ず流水により、十分に手洗いを行うこと。

4.3.4　頭部外傷

短時間でも意識障害があった場合や、頭痛・嘔気・めまい等がある場合は、脳神経外科を受診する。外傷がある場合は、清潔なガーゼ等でやさしくその部位を覆うようにする。

4.3.5　骨折・捻挫

手足の捻挫、骨折の場合、応急処置の原則はRest（安静）、Ice（冷却）、Compression（圧迫）、Elevation（挙上）で、この頭文字をとり「RICE 療法」と呼んでいる。この治療は受傷後 24～72 時間の急性期（打撲、捻挫などの炎症が強い時期）の初期に行う処置で、痛みを和らげ腫れを最小限に抑え、損傷が周囲に及ぶのを防ぐ。

① 安静（Rest）

ケガをしたら、ただちにその部位を使うのをやめること。運動その他の活動を引き続いて行うと、ケガが悪化するので休息が必要である。

② 冷却（Ice）

冷却による組織の温度の低下は、損傷部の炎症反応や損傷を抑え、痛みを緩和する効果がある。

使用するもの：

- アイスバスケット（氷の入った水入りのバケツ）
- 氷のう（袋の中に水で洗った氷を入れたもの）
- ケミカルアイスパック（アイスノンのようなもの）
- コールドスプレー

使用時間：

15～30 分間ほど（15 分間冷却した後、5 分間の休憩を入れ、再度冷却する。）。長時間冷却をし過ぎると凍傷等になる危険性があるので注意すること。

③ 圧迫（Compression）

捻挫をすると、周囲の組織から関節内部に血液が流れ込み、組織を膨張させる。これが“腫れ”である。圧迫は内出血を抑え、回復を早めることができる。

使用するもの：

- 包帯（綿包帯、弾力包帯）
- テーピング（ホワイトテープ、キネシオテープなど）
- 綿花，スポンジ　等

④ 挙上（Elevation）

損傷部位を心臓よりも高く持ち上げ、重力の働きによって余分な体液を排出するようにする。例えば足関節の捻挫の場合、座布団を半分に折って、その上に足を乗せ高くする。挙上により、静脈環流やリンパ液の流れを速やかにし、局所の腫脹を間接的に抑えることができる。

注意点

- ケガをすると数秒で腫れてくることが多いので、「RICE 療法」はできるだけ早く始める。
- 出血、骨折による変形を認める場合は、それらに対する治療を先に行うことが大切である。
- 低温のもの（氷・アイスノン・コールドスプレー等）を皮膚に直接当てていると、凍傷になる危険性がある。損傷部位にこれらが直接当たらないよう、タオル等をかぶせてから使用する。
- 圧迫するためには，損傷部位を包帯（テーピング）で巻くとき、強く巻きすぎて血行を妨げることがないように注意する。
- 血行が妨げられた場合、しびれ、痙攣、痛みのいずれか１つでも現れたら、ただちに包帯（テーピング）を取り去って、安静を保つようにする。

4.3.6 切断

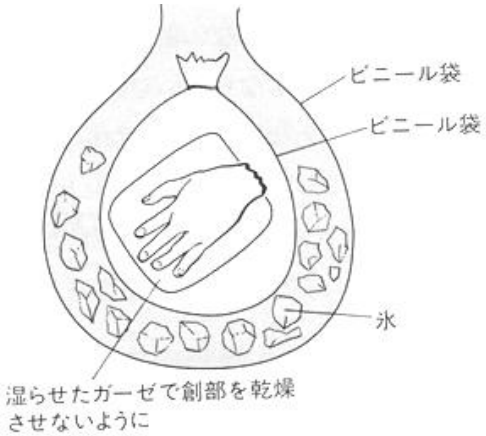
あわてず、複数の人がいる場合には手分けして対処すること。

① 救急車を呼ぶ。

② 傷より心臓側の腕（または足）を止血帯で止血する。

③ 切断した部位はビニール袋に入れておく。

※余裕があれば図のように氷を入れたビニール袋の中に入れる。氷がない場合は氷を探さなくてもよい。



●製氷機が設置されている場所

・実験棟 A4 階化学実験準備室

内線：2163

・講義実験棟 1 階 102 実験工房

内線：2359

・研究所棟 5 階 E503 フューマニクス系実験室
　　内線：2371
・研究所棟 6 階バイオナノテクセンター
　　内線：6006
・多目的グラウンド共同部室内

4.3.7　目に異物が入った場合

●涙で洗い流す
数回まばたきをしたりして、涙と一緒に異物を洗い流す。

●水に顔をつける
きれいな水を張った清潔な洗面器などの容器に顔をつけて、その中で数回まばたきをする。

●やかんの水で洗い流す
異物が入っている方の目を下にして、やかんの水などをかけて洗い流す。

●取れないときは眼科医へ
上の 3 つの方法でも異物が取れなかったり、異物が目やまぶたに刺さっている時は、無理に取ろうとせず、目をガーゼで覆って眼科へ行くこと。また、異物が取れても違和感がある場合も同様である。

4.4　薬品による傷害の応急処置

使用した薬品類の MSDS による応急措置をよく読み対応するのが基本である。

4.4.1　皮膚に対する処置

- 速やかに水道水で 15 分以上洗浄すること。
- 皮膚に痛み、かゆみ、腫れ、赤み、違和感等ある場合は医務室または医療機関を受診する。

4.4.2　眼に対する処置

- 素早く流水で洗う。
- 特にアルカリは眼球を腐食するので、よく水洗いする。コンタクトレンズが容易に外せる場合は外し、その後も 30 分程度洗浄し、必ず眼科医の診察を受けること。
- 洗眼には噴水式の洗眼装置がよいが、それが常備されていない場合は、水道水を洗面器に流し続け顔を反復して洗面器につけ、水中で眼を開閉して洗眼する。蛇口につないだゴム管からの緩やかな水流を用いてもよい。
- 噴水が強すぎると顔面に付着している酸等が眼球内に圧入する原因となり、腐食された皮膚表面を

はぎ取ることになるので注意すること。

- 中和剤は使用しない。中和の作業をするよりも、流水で薄めた方が遥かに pH を中性にする効果が高い。
- 洗眼が終わったら厚めのガーゼを当て、眼帯等で固定し、すぐに眼科医の診察を受けること。

4.4.3 誤飲に対する処置

- 保温、安静にし、ショックや呼吸麻痺に注意する。
- 産業中毒センター（03-3742-7301）に至急連絡し、指示を仰ぐ。それまでは何もせず、口をゆすげる場合のみゆすぐ。

4.4.4 有毒ガスを吸入したときの処置

- ただちに新鮮な空気の場所へ移動する。衣服を緩め安静にし、医療機関を受診する。

4.5 熱中症の応急処置

（1） 症状の確認

- めまい、失神
- 大量の発汗
- 頭痛、気分不快、吐き気、嘔吐、倦怠感、虚脱感
- 意識障害、痙攣、手足の運動障害
- 高体温

（2） 意識の確認

＜意識がある場合＞

① 涼しい環境へ避難させる。

② 脱衣と冷却を行う。

・ 衣服を脱がせ皮膚に水をかけたり、冷たいタオルを当て、うちわなどで扇ぐ。

・ アイスノン等を首部、わきの下、太ももの付け根に当て、直下を流れている動脈血液を冷やす。

③ 水分補給

・ 応答が明瞭で、意識がはっきりしている場合は水分の経口摂取を勧める。

・ 冷たい水は胃の表面の熱を奪うことができる。汗で失われた塩分を補うスポーツドリンクや食塩水（1L に食塩 1～2g）が推奨される。

・ 吐き気、嘔吐の症状がある場合や自力で水分補給できない場合は、早急に医療機関を受診する。また症状が改善しない場合も医療機関を受診する。

＜意識がない場合＞

① 救急車を要請する。（ケガの応急処置に準じる）

② 救急車が到着するまでは、＜意識がある場合＞の手順①②を実施する。

4.6　熱傷の応急処置

4.6.1　軽症で小範囲の熱傷

できるだけ早く、水道水などのきれいな水をかけて 15 分以上冷却を継続する。原則として、痛みを感じなくなるまで冷やすこと。(冷却を止めた後、傷が温かくなり痛みを感じ始めたら再び冷却を行う。この繰り返しをしばらく続ける。)

- 水道水がない場合は、水筒の水など、できるだけきれいな水をかけることが望ましい。
- 皮膚が弱くなって、剥がれる危険性があるので、患部をこすったりしないこと。
- 直接患部に流水を当てられない場合は、水道水に氷を浮かせ、その中に患部を入れ冷却する。
- 氷や蓄冷剤をあてる場合は、清潔なガーゼ等に包んで患部に当てる。
- 皮膚に衣服が張り付いた場合は、皮膚ごとはがれる恐れがあるので、無理に脱がさずにそのまま冷却すること。

4.6.2　顔面の火傷の場合

顔面をやけどした時には、洗面器などの容器に水を張り、顔をつけて冷やす。まつげや鼻毛などが焼けている場合は、すぐに救急車を呼ぶなど、医師の治療を受けられるように手配する。

4.6.3　広範囲の熱傷

① 範囲が「広い」あるいは「深い」熱傷、また火災等で煙を吸い込んでいる場合は、至急救急車を呼ぶ。可能な限り熱傷部位を速やかに冷却するとよいが、体温低下を防ぐため 10 分以上の冷却は避ける。

- 広範囲の熱傷は，患部を清潔なタオルやシーツ等で覆って水をかけるか、水に浸した清潔なタオルやシーツなどで患部を冷やす。
- 衣服は無理に脱がさない。

② 状態を観察して救急隊に報告する。呼吸停止・心臓停止がみられたら、普通救命措置の可能な手段を行う。

4.7　感電の応急処置

- スイッチや電源を切ってすぐ電流を止めること。止められないときは救助者が感電しないよう、乾いた棒、布、不良導体の手袋等を用いて感電源から引き離すようにすること。
- 呼吸停止のときは、119 番通報をするとともに AED（自動体外式除細動器）を用いた一次救命処置を行う。

4.8　一次救命処置

4.8.1　一次救命処置とは

一次救命処置とは、呼吸が止まり、心臓が停止してしまった人に対して行う救命処置である。胸骨圧

迫と人工呼吸から成る心肺蘇生法と、AED の使用が主な内容である。AED とは、高性能の心電図自動解析装置を内蔵した医療機器で、心電図を解析し除細動（電気ショック）が必要な不整脈を判断する。AED は、小型軽量で携帯にも支障がなく、操作は非常に簡単で、電源ボタンを押すと（または蓋を開けると）、機器が音声メッセージにより、救助者に使用方法を指示するものである。除細動（「突然の心停止」の原因となる重症不整脈に対し、心臓に電気ショックを与え、心臓が本来持っているリズムに回復させるために行うもの。）が必要ない場合にはボタンを押しても通電しないなど、安全に使用できるよう設計されている。

4.8.2　一次救命処置の必要性

心臓の停止には心臓病や加齢、脱水症状、栄養障害等様々な原因が考えられるが、心臓が止まった時から救命処置を施すまでの時間により救命率は大きく変化する。一般に、心停止後一分経過するごとに7～10%の救命率が低下するとされており、いかに早く救命処置を施せるかが重要である。例えば、心停止から 5 分間何も手当をしないと救命率は 50%にまで下がってしまう。一方、救急車の平均到着時間は約 7 分であり、例えば研究棟 C から医務室までの往復には約 8 分程度かかるため、心停止から何もせずに医務室に走った後に救急車を呼ぶと、それだけで 15 分経過してしまう。従って、心停止を発見したらすぐに、誰もが一次救命処置を施せるようになっておく必要がある。

4.8.3　一次救命措置で明暗を分けた事例

2009 年 3 月 22 日、東京マラソンに参加していたタレントの松村邦洋さんは 14.7㎞ 地点で心筋梗塞のため、意識を消失した。しかし、すぐさまランナーとして参加していた医師が胸骨圧迫および人工呼吸を行い、6 分後には AED が装着され、2 回の通電がなされた。その後、心拍が再開し、救急車によって搬送されたが脳障害が残ることもなく復帰することができた。

一方、2011 年 8 月 2 日、サッカー選手の松田直樹選手はサッカーの練習中に心筋梗塞で突然倒れた。看護師が胸骨圧迫および人工呼吸を行ったものの、AED が使われることなく倒れてから 16 分後に救急車によって搬送されたが、8 月 4 日に死去した。

以上の例はあくまで可能性を示唆しているに過ぎないが、AED の有無が明暗を分けた可能性がある。

4.8.4　AED があっても活用されなかった事例

小学校 6 年生の女子児童が駅伝の練習中に倒れたが、現場にいる教員が「脈あり」「呼吸あり」と判断し、学校には AED が設置済みであったが何もせず、救急車を手配した。約 11 分後救急隊が到着した際には心停止状態に陥っており、児童は病院にて死亡が確認された。

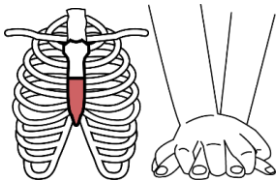
この例もあくまで可能性を示唆しているに過ぎないが、AED の使用が明暗を分けた可能性がある。

4.8.5　一次救命処置の流れ

一次救命処置の大まかな流れは次のとおりである。まず、傷病者を発見したら、安全を確保した上で、肩を叩いたり大きな声で呼びかけて反応があるかを確認する。その後、大きな声で周囲へ協力を要請し、119 番通報や AED の手配をお願いする。その後、呼吸の有無を確認し、呼吸がないようであれば胸骨圧迫および AED の使用を救急隊の到着まで繰り返す。救急隊が到着したら救急隊へと引き継ぐが、引き継ぎが完了するまでは胸骨圧迫を継続する。

一次救命処置のそれぞれの段階と詳細について表 4.8.1 に示す。

表 4.8.1　一次救命処置のそれぞれの段階とその詳細

①　傷病者の発見（周囲の安全確認）	・ 周囲を確認し、傷病者・バイスタンダー（傷病者の周りにいる人）共に安全を確保する。 ・ 危険な場所にいる場合は、傷病者を安全な場所に移動する。
②　反応の確認	・ 肩をたたきながら、耳元で大きな声で呼びかけて反応があるか確認する。 ・ 話ができれば、訴えをよく聞き応急手当や楽な姿勢にする。
③　救助の要請	・ 大きな声で、周りの人に協力を要請する。 ・ 「119 番通報」 「AED の手配」 「看護師の手配（校内の場合）」 「救命処置の手伝い」 「救急車の誘導」などを周りの人にお願いする。 ・ １人しかいない場合は自分で 119 番通報し、近ければ AED を取りに行く。
④　呼吸の確認	・ 胸や腹を見て、10 秒以内に呼吸をしているかどうか確認する。 ・ 呼吸をしていても普段どおりでない場合や判断できない場合は呼吸なしと判断する。
⑤　胸骨圧迫 	・ 胸の真ん中（胸骨）を、手のひらの下の部分（手掌基部）で圧迫する。 ・ 圧迫する深さは 5cm 以上、圧迫の速さは１分間に 100 回以上で行う。
⑥　AED による除細動	以下の順序で操作する。 A) ふたをあけて電源を ON にする。 B) 袋からパッドを取り出してイラストの通り、素肌に貼り付ける。 C) パッドを貼ると心電図の解析が始まるので、傷病者に触らないように声をかける。 D) 電気ショックが必要な場合は、傷病者に触れていないことを確認してボタンを押して電気ショックを与える。電気ショックが不要の場合は胸骨圧迫を続ける。 E) 電気ショック終了後も胸骨圧迫を続ける。
①　救急車の到着	・ 道に出て救急車を誘導し、傷病者のところまで救急隊を案内する。 ・ 装着した AED はそのままにして、救急隊に引き継ぐ。 ・ 救急隊が到着し、引き継ぐまで胸骨圧迫を行う。

4.8.6　一次救命に関するFAQ

① 体が水や汗で濡れている場合はどうするか

- AED付属のタオルで傷病者の胸を拭く。

② パッドを貼る位置に薬が貼ってある場合はどうするか

- パッドを貼る位置に、医療用貼付薬や湿布薬が貼ってある場合は、薬をはがしてAED付属のタオルで傷病者の胸を拭く。

③ ペースメーカーが埋め込まれている場合はどうするか

- 胸にでっぱりがあり、ペースメーカーが埋め込まれていると予想される場合は、パッドをペースメーカーから避けて貼る。

④ 成人以外の場合はどうするか

- 未就学児についてはあれば小児用パッドを使用し、なければ成人用パッドを使用する。
- 年齢によるAEDの使用制限はない。

⑤ 胸をケガしている場合はどうするか

- ケガしている位置を避けて、心臓を挟むようにしてパッドを貼る。

⑥ AEDが近くにない場合はどうするか

- 救急隊が到着するまで胸骨圧迫を続ける。

4.9　近隣の医療機関

■清智会記念病院■（東京工科大学八王子キャンパス学校医）

八王子市子安町3-24-15

℡042-624-5111

休診日：土曜午後、日曜、祝日

ただし、夜間などの診療時間外でも急患は随時受け付ける。行く場合は事前に電話をする方が望ましい。

■第一みなみ野クリニックセンター■

八王子市西片倉3-1-21（休診日：水曜、日曜、祝日）

--1階--

○なかじま耳鼻咽喉科クリニック（℡042-37-4187）

○岩本歯科・小児歯科（℡042-635-1182）

○山田皮フ科クリニック（℡042-635-2551）

--2階--

○みなみ野外科・整形外科（℡042-632-5855）

○みなみ野眼科クリニック（℡042-632-5888）

○内科・小児科　古谷医院（℡042-632-6866）

■みなみ野アクロスモール2階■

八王子市みなみ野1-2-1

○アクロスみなみ野歯科（℡042-632-8101）

年中無休

○宮川整形外科（℡042-632-8455）

休診日：木曜午後、日曜、祝日

「救急病院を知るための問合せ先」

■東京消防庁救急テレフォンサービス■

24 時間受付・年中無休

携帯電話、PHS、プッシュ回線から「＃7119」

ダイヤル回線　○多摩地区：042-521-2323　○23 区：03-3212-2323

■東京都保健医療情報センター（ひまわり）■

コンピュータによる自動応答

03-5272-0303

■八王子消防署■

042-625-0119（八王子のみ）

■救急医療情報センター（隣接地区のみ）■

相模原市：042-756-9000

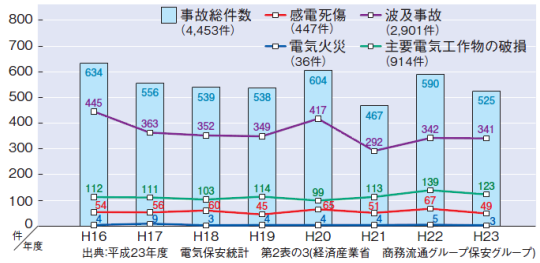
横浜市　：045-201-1199

川崎市　：044-222-1919

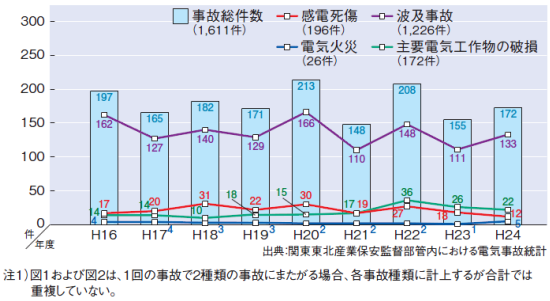
5　電気の安全取り扱いについて

5.1　一般的注意

電気は生活にはなくてはならない身近なものであり、電気を知らない人はいない。大学においても実験機器のほとんどは電気を利用する。しかし、身近なだけにその危険性を軽視しがちである。電気の誤った使用はたとえ 100 V や 200 V といった一般家庭で使用する低電圧でも致命的な事故や火災などの重大事故を引き起こす原因となる。図 5.1.1 は、全国および関東における規則により報告義務を有する事故件数の年度推移である。全国では平均して感電死傷事故が年 60 件、電気火災事故が 5 件程度発生している。安全に実験を行うためには、電気に対する理解を深め正しく電気を使用することが重要である。



(a) 全国



(b) 関東

図 5.1.1　電気事故報告件数

関東電気保安協会, “電気と保安”, no. 522, p. 12, 2014

5.2　感電

5.2.1　感電防止

① 電気機器の接地(アース)を完全にする。

保守の目的で配電線 1 線を接地することをシステム接地といい、電気機器内部で絶縁不良による感電防止のために電気機器のフレームを接地することをフレーム接地という。水漏れ等の可能性がある実験室では、フレーム接地を励行する他、漏電ブレーカを取り付ける。

② 濡れた手で電気機器を操作しない。

③ 電気配線を触る可能性がある作業を行うときは、電源を切る。

④ 通電部、帯電部に接触、接近しないように絶縁物で遮蔽し、危険区域を指定して安全距離以内に立ち入らないように柵などを設ける。

⑤ 電気機器は、漏洩電流が流れないように、ゴミや油を清掃してから使う。

⑥ 通電部、帯電部に直接触れる場合は、絶縁作業机や絶縁手袋など電気絶縁用保護具を着用する。

⑦ 電気機器の保安点検を十分に行い、漏電の早期発見に努める。

⑧ 停電したときは電気機器のスイッチを切る。

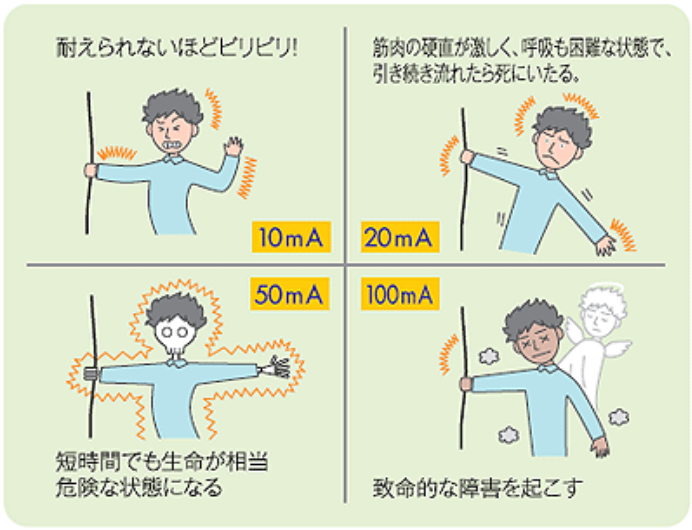
⑨ 機器の電源スイッチを入れる時は安全を十分に確認し、使用後は電源スイッチを切る。

⑩ 事故発生に備え、緊急連絡先、応急処置方法等を確認する。

⑪ 感電により転倒しても安全なように実験室は常に整理整頓する。

5.2.2　感電の人体への影響

感電は、配電線や電気機器の通電部、帯電部への接触、接近によって人体を通して大地または線間に電流が流れることによって発生する。人体に及ぼす電流の影響を図 5.2.1 に示す。人体の内部抵抗は一般的に 500 Ω 程度であり、濡れた手で感電（100 V）したとき人体に流れる電流は 125～200 mA となり、低電圧においても致命的な感電事故を引き起こす。また、わずかな電流でも心臓などを通過すると死亡にいたる場合がある。



皮膚の接触抵抗

皮膚の状態	接触抵抗（Ω）
乾燥	2000～5000
汗ばむ	800程度
濡れる	0～300程度

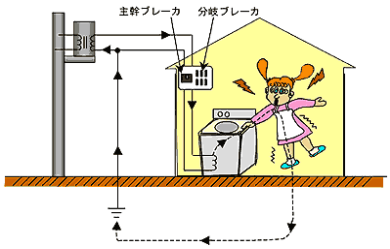


図 5.2.1　電流が人体に及ぼす影響

九州電気保安協会（http://www.kyushu-qdh.jp/public/howto_electlic_shock.html）

5.2.3　感電事故の処置

① 電気機器の電源スイッチを切る。

② 電線が人に接している場合には、乾いた木の棒などで払いのける。または、衣服等を手に厚く巻き付け、感電者の衣服をつかんで引き離す。

③ 周りの安全を確認し、応急措置を行う。解消の有無にかかわらず早急に医師の診察を受ける。心肺停止の場合は、寸分を争って人工呼吸を始める。

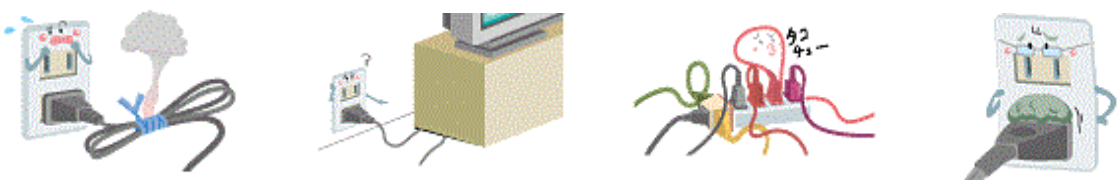
5.3　電気火災

5.3.1　電気火災の防止

① コードを束ねたままで使用しない。束ねたまま電気を使用すると、過熱するおそれがある。

② コードを踏みつけないようにする。コードが半断線となり、出火するおそれがある。

③ たこ足配線を行わない。過電流※1 による出火のおそれがある。通常のコンセントやテーブルタップの定格は 15 A である。



(a) 束ねたコード　(b) 踏まれたコード　(c) たこ足配線　(c) 汚れたプラグ

図 5.3.1　不適切なコードの使用

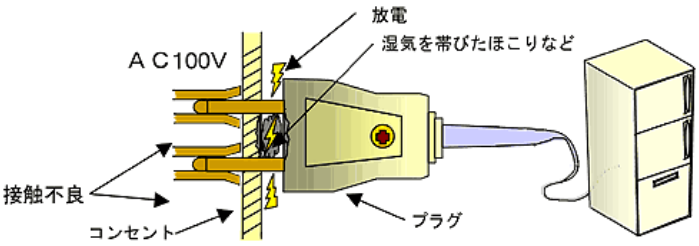


図 5.3.2　トラッキング

図 5.3.3　老朽化したプラグ

④ 配線等の過熱、異臭、焦げ跡などの異常を発見した場合は、速やかに使用を止め改善措置を行う。
⑤ 分電盤、スイッチや発熱機器の付近は常に整理整頓し、可燃物を置かない。
⑥ 使用しない電気機器のプラグはコンセントから取り外す。プラグは定期的にホコリを取り除きトラッキング※2 火災を防止する。

※1 過電流：電気機器にその定格以上の電流が流れること。電気機器が過熱状態となり、電気火災の原因となる。
※2 トラッキング現象：プラグを長い期間コンセントに差し込んだままにしておくと、プラグとコンセントの隙間にホコリがたまり、このホコリが原因でプラグ間に電気が流れ発熱し、発火する現象を「トラッキング現象」という。長い時間差し込んだままになっているプラグは、定期的にほこりを拭き取り、プラグが変色・変形していたら取り替える（図 5.3.3）。また、使用しない電気機器のプラグはコンセントから取り外す。

5.3.2　静電気

静電気は別名摩擦電気と呼ばれるように、主に物と物の接触・分離過程を経て発生する身近な現象である。特別な場合を除いて人体に影響はないため、静電気対策は軽視されがちであるが、放電現象によって可燃性物質の爆発・火災を招くこともある。異常の早期発見とトラブルの未然防止には、作業者一人一人の慣れと慢心を排し、「危険を見過ごさない」ことが重要である。

5.4　高電圧機器

① 接地（アース）を完全にする。
② 高電圧、大電流を伴う実験は 2 人以上で行い、1 人は監視を担当する。
③ 機器の高電圧部は露出させない。あるいは人が接触しないように金属製のカバーで覆い、これを接地（フレーム接地）する。
④ 配線が外れて人に接触しないようにしっかり固定されていることを確認する。断線しても回路がアークでつながり、断線の発見が遅れることがある。
⑤ 危険区域を指定し、人が立ち入らないように柵等を設ける。高電圧への接近は接触しなくても感電する危険がある。
⑥ 機器の電源スイッチ操作は管理者の指示を受ける。
⑦ 機器には「高電圧」の表示を設け、必要に応じて使用中を示す警告灯、警報装置を設置する。
⑧ コンデンサは、電源を切っても充電されたままなので、作業時には端子を確実に接地し、作業中は

絶対に外さない。端子に触れるときには完全に放電されてからにする（アース棒での確認）。コンデンサは電源を切っても自然放電するまでに長時間を要することに注意する。電解コンデンサは取り扱いを誤る（極性を誤る）と破裂の危険性がある。

⑨ 変圧器は小型でも十分注意する。大規模な高電圧機器（パルスパワーやレーザの電源等）の取り扱いはメーカー等の専門家に指導を受ける。

⑩ 機器の修理等は専門家に依頼する。

5.5　電気装置

5.5.1　電線

電気機器の定格電流をよく調べる。使用電流よりも大きく、ブレーカの容量よりも大きい許容電流の電線を用いる。また、耐熱、耐水などの使用状況に適したものを使用し、老朽化したものや被覆が破れたものを使用してはならない。

表 5.5.1　ケーブルとコードの特徴

ケーブル	導体に絶縁性の被覆を施し、さらに外装でカバーしたもの。屋内の固定配線用には平型ビニール外装ケーブルがよく使われる。キャブタイヤケーブルは 600 V 以下の移動電気機器などの接続に使用され、摩耗、衝撃、屈折に強い。
コード	絶縁電線同様、銅などの導体に絶縁性の被覆のみを施したもの。柔軟性がある。小型電気製品の電力供給に使用される。壁や床に固定してはいけない。

5.5.2　配線

実験室には、埋め込み型コンセントと実験用電源が設けられている。一般的に埋め込み型コンセントの定格電流は 15 A である。実験装置などのために配電盤から直接配線する工事は、管理部署に相談の上で、専門知識を有する電気工事業者が配線を行わなければならない。分電盤からの配線工事においても電気工事業者に作業依頼することが望ましい。また、定格電流を超える機器を接続しない。

5.5.3　コンセントおよびプラグ

一般的なコンセントおよびプラグの定格は 15 A である。近年では一般家庭においても 3 端子のコンセントが増えている。 3 端子の構成は、アース、ホットライン（～100 V）、コールドライン（～0 V）であり、端子（挿入口）の形状により区別することができる（図 5.5.2）。3 端子のコンセントおよびプラグを扱う際には、ホットラインとコールドラインの電圧に相異があることを意識して使用する。

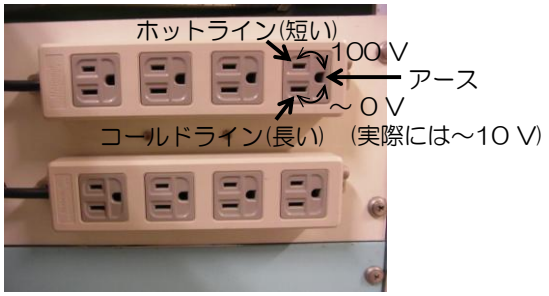


図 5.5.2　3 端子タップ

5.6　関連法規

労働安全衛生規則「第五章 電気による危険防止」の適用を受ける。

5.7　電気による事故例の原因と対処

(1) **[事例]** 高電圧装置（レーザ装置電源）を用いた実験中に、想定されていない経路で実験者が実験室内を移動した際に感電して死亡した。

[原因] 通常の移動通路には高電圧カバーが設置されていたが、実験者が近道のために、想定されていない経路で移動し、本来は触れるはずのない高電圧端子に触れてしまった。

[対処] 装置の使用マニュアルに従い、想定されていない操作や行動は絶対に行わない。

(2) **[事例]** 電流電圧測定装置を用いた実験中に感電し、手に痛みを感じた。

[原因] 当該装置には安全カバーが閉じられた状態でないと測定が実行できないようなインターロックが設置されていたが、実験者は実験の便宜のためにインターロックを解除した状態で装置を使用していた。

[対処] インターロックを解除しての装置利用は危険であるので、絶対に行わない。

(3) **[事例]** 装置の電源をONにしたところ制御ボックス内から異臭がした後、発火した。

[原因] 制御ボックス内の電源端子部にホコリが蓄積し、このホコリによる端子間通電によって発熱、発火に至った（トラッキング発火）。

[対処] コンセントプラグを含め、電気機器類におけるホコリの蓄積には常に注意する。特に、長期間使用していなかった装置や電気機器を稼動する場合には慎重に行う。

６　工作機械の安全取り扱いについて

6.1　一般的注意

工作機械の管理者は、

1)安全な作業環境整備を行う。
2)各工作機械の利用時の禁止事項を機械本体に掲示する。
3)利用者に安全利用に必要な教育を行う。
4)特に回転部を露出しているほとんどの工作機械は、手袋装着による作業が禁止されている。これは素手の場合には切創で済む場合でも、手袋が巻き込まれた場合、手や腕が引き込まれ甚大な事故となるためである。

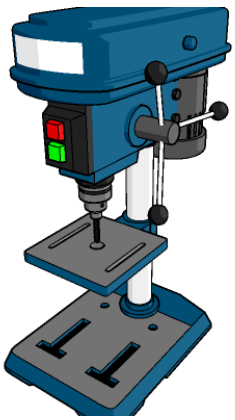
などの対応を行う義務がある。特に作業環境の整備等については、法令で規定されている場合があるので注意する。利用者は必ず管理者の指示に従い、安全に配慮して工作機械を利用する。作業時の服装や一般的な心得は以下に挙げられる。

1) 機械類に巻き込まれないように、上着は裾、袖が絞られていて、木綿などの熱に強い繊維であること。ネクタイや白衣などは厳禁である。
2) 長髪は垂れ下がらないようにまとめる。
3) 肌を露出しない履物、可能なら足先に保護金具が入っている安全靴を着用する。
4) 安全帽、保護メガネの着用は必須である。
5) 利用法等に不明な点がある場合、必ず管理者に問い合わせるなどして、確認してから作業を行う。

また、寝不足時は注意力が散漫となり、事故を起こしやすい。体調を管理した上で作業を行うこと。さらに、非常時の対応ができないため、１人での作業は行わないこと。

6.2　ボール盤作業

ボール盤はドリルを用いて穴あけを行う、最も一般的な工作機械の１つであり、多用されるが以下の点に注意して利用する。



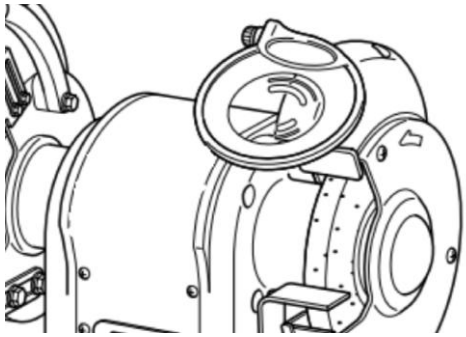
1) 材料の種類やドリルの直径にあった回転速度に設定する。
2) 材料は必ずバイス等で固定して作業する。手で押さえて加工してはならない。ドリル貫通時に大きな引き起こし力が働き、手の固定が外れ、被削材が回転し、その遠心力によりドリルが折れ、被削材とともにドリルが飛散する事故が多数報告されている。
3) トレパンきり（心残しきり）を用いて薄板状の工作物に大穴をあ

ける作業は、特に貫通時に大きなトルクが加わり、危険度が非常に高い。安易にこの作業を行ってはならない。

4) 切削油を刷毛などで供給する際は、ドリルが材料から離れているときに行う。穴あけ時に不用意に行うと、刷毛がドリルに巻き込まれ危険である。

6.3 グラインダー作業

グラインダーは、砥石車を回転させ、材料の研摩を行う工作機械である。管理者は、



1) 切削くず飛来防止の透明保護板の取りつけ義務がある。(安衛則 106)
2) 砥石車の交換は、安全教育の受講者しか行えない。(安衛則 36(1))
3) 作業者が保護眼鏡（ゴーグル）を必ず着用し作業するよう指導する。

ことなどに注意する必要がある。利用者は、

1) 保護メガネを必ず着用する。
2) 絶対に正面に立って作業してはならない。これは、高速回転する砥石車が破損した場合や、材料が飛翔した場合の危険を避けるためである。
3) 通常のグラインダーの砥石車は、側面を使用してはならない。
4) ツールレストと砥石車の隙間は、必要以上に大きくしない。被削材が引き込まれ砥石が破損するなどの重大な事故の原因となる。

などを注意して使用する。

6.4 コンター（帯鋸盤）作業

コンターは、帯状の鋸歯を回転させ、材料を切断する工作機械である。利用者は以下のような注意が必要である。

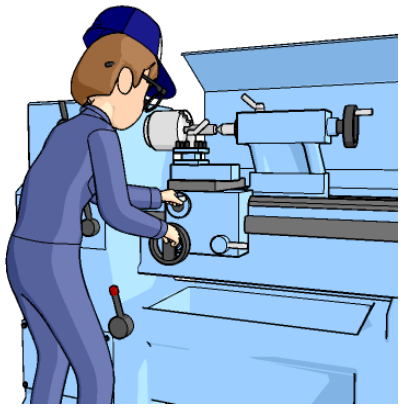
1) 材料の厚さに合わせてガイド高さを調整する。適切な高さでない場合、帯鋸歯が切断するなどの問題が生じる。
2) 切断速度に合わせて材料を押し付け切断する。この際、特に小さい材料の場合、指で直接押さずに当て板等を介して行う。
3) 切り屑等の清掃は、必ず機械を停止させてから行う。

6.5　旋盤作業

材料を主軸に固定し回転させ、工具を平面上で移動させて、回転体加工を行う工作機械である。以下の点に注意する。回転体を加工する最も基本的な工作機械で、多様な加工が可能であるので、管理者は、

1) 利用者が安全に作業できるように、十分な事前教育を行う必要がある。
2) チャックに材料を固定する際に、チャックハンドルをチャックにさしたまま回転させてしまう事例が特に初心者に数多く報告されている。重大な事故の原因となるため、チャックハンドルが定位置にない場合、チャックが回転しないようにするなどの対応を行う必要がある。

などの配慮が必要である。また利用者は、



1) 材料、工具等を適切に固定する。特に工具の突出し長さはできるだけ短く、かつ刃物台等に材料が当たらないようにする。
2) 材料や切削工具に合わせた切削速度や送り速度に設定する。
3) 主軸を回転させる場合、チャックにチャックハンドルなどがささっていないか、材料がどこかにぶつからないかを確認した後で回転させる。
4) グラインダーと同様に、刃物の方向から外れた場所に身体を置くようにする。
5) 切削送りを行う際には、切削状況を見ながら、無理な力がかからないように送る。特に、突っ切り作業時に無理に送ると、容易にバイトが破損するので注意する。
6) 通常は連続した切り屑が出るので、適宜送りを断続的に行い、切り屑が適当な長さになるようにする。材料に切り屑が巻きつくような場合には、かならず主軸を停止させてから、切り屑を除去する。

6.6　フライス盤作業

刃物を回転させ、材料と刃物を相対運動させて、平面加工や溝加工を行う工作機械である。利用にあたっては、以下の点に注意する。

利用者は、

1) 材料、工具等を適切に固定する。特に工具の突出し長さはできるだけ短く、かつ刃物台等に材料が当たらないようにする。
2) ハンドルの種類が多いので、必ず操作方法を確認する。切削しない状態で、各種操作に慣れた後に、作業を行う。
3) 切削送りを行う際には、切削状況を見ながら、無

理な力がかからないように送る。

4) 切り屑を除去する際には、必ず主軸と送りを停止させる。

5) 工具の交換や材料の取り付け取り外しを行う際には、必ず主軸、送りを停止させ、確認を行ってから作業を行う。

などに注意する。

6.7 自動制御機械作業

近年、工作機械も計算機化・高速化がなされており、複雑な加工を容易に、高速かつ高精度で行うことが可能となっているが、反面事故が生じた場合、甚大な被害が予想される。そのため、取り扱いには十分な習熟と配慮を要する。管理者は、利用者が十分に操作法を理解していることを確認した上で、利用させる必要がある。

利用者の安全利用に際して、最も基本的な事項を記す。

1) G コード（命令コード）は機械によって一部機能が異なるので、初めて使用する NC（工作物に対する工具の位置を数値情報で命令する制御）工作機械の場合には、必ず各コードの動作を確認する。

2) CAM（コンピュータ支援製造）から出力されたコードを盲信せず、工具を衝突しない位置にオフセットさせ試運転（ドライラン）を行い、工具経路に異常がないことを確認する。

3) 工作機械内部の工具径などのパラメータを黒板などに一覧表にして管理し、必ず内部パラメータとプログラミングの際のデータが一致していることを確認する。

4) 工具の取り付け・取り外し時、また工作機械から離れる場合は必ず手動操作にし、各軸の送りが OFF になっていることを確認する。

5) 不要な危険を避けるために、工作機械の早送り速度のデフォルト値を低く設定しておく。

6) プログラム動作を中止し MDI（プログラムの手入力）により初期位置へ復帰させる場合など、ケアレスミスなどによる暴走を防ぐために、速度オーバーライドつまみで早送り速度の制御を行いながら作業する。

7) 自動工具交換装置は高速動作するので、特に工具の突き出し長さや工具の固定に十分気をつけ、交換中の干渉や工具が離脱しないようにする。

6.8 工作機械による事故例の原因と対処

⑴ **[事例]**グラインダー作業中、保護メガネをせずに行ったため、目に加工粉が入った。
[原因]保護メガネを着用しなかったため。
[対処]病院に行き、眼洗浄と投薬を行う。保護メガネの着用を徹底する。

⑵ **[事例]**小さな被削材を手で押さえてボール盤で穴あけ作業をしていたところ、固定が外れ被削材ごと振られてドリルが折れ、被削材とドリルが飛翔した。幸い壁に当たったため人的被害はなかった。
[原因]小さな被削材のため固定が難しく、安易な判断で加工を行ったため。
[対処]小さな被削材を固定できる治具を準備した。

⑶ **[事例]**精密研削盤による切削中、切削油に引火し、 塩ビパイプ等の切削シフト取り込み口を一部焼損した。

[原因]切削の際の切り込みが大きすぎて、切削油による冷却が不十分となり、摩擦熱により引火したため。

[対処]消火活動を迅速に行った。その後、冷却用油を水溶性のものとした。

⑷ **[事例]**旋盤で試片を回転させ、紙ヤスリによる研磨中に腕を巻き込まれ、上腕を切断した。

[原因]夜間に１人で手袋をして作業を行ったため。

[対処]翌日職員が倒れている学生を見つけ救急対応を行った。研究室所有の工作機械を使用した事故であり、安全教育がなされていなかったことが最大の原因である。安全管理者の責任が問われた。

⑸ **[事例]**旋盤で夜間に作業中、髪の毛を巻き込まれ、窒息して死亡した。

[原因]長髪を適切に処理して作業を行わなかったため。

[対処]安全対策の基本が守られなかったため生じた不幸な事故で、安全管理者の責任が問われた。

⑹ **[事例]**操作型フライス盤で切削工具の交換の際、自動送りを切り忘れ、材料と主軸の間に薬指を挟まれ、第２関節を骨折した。

[原因]自動送りの解除を確認せずに、工具交換を行なったため。

[対処]安全担当者が作業者の悲鳴で気づき、送りを停止し、病院へ搬送した。事故後、段取り作業開始時の自動送り停止確認の徹底を図り、さらにフライス盤を改造し、自動送り動作時にフライス盤上部に取り付けたランプが点灯する仕様とした。

7　ガスの安全取り扱いについて

7.1 ガスと高圧装置

圧力がかかる実験で特に注意しなければならないのはガスを用いる場合である。高圧装置は、表 7.1.1 に挙げるような各種の単位機器の組み合わせによって構成される。高圧装置が破裂事故を起こすと、高速度で飛散する破片、急激に放出されるガスの衝撃波によって人および装置、設備に大きな損傷を与える。また、使用ガス、周辺に存在する薬品などによる爆発、火災などの大きな二次災害をも伴う場合が多い。したがって、高圧装置の取り扱いは法律的には「高圧ガス保安法」の適用を受けるものが多い。また、オートクレーブなどの圧力容器は日本工業規格 JIS B.8243 に沿ったものでなければならない。

表 7.1.1　高圧装置の構成機器類

	装　置　類
高圧発生源	ガス圧縮機、高圧ガス容器（ボンベ）など
高圧反応器	オートクレーブ、各種合成管、触媒充てん管など
高圧流体輸送器	循環ポンプ、導管流量計など
高圧機器類	圧力計、各種高圧弁など
安全機器類	安全弁、逆火防止弁、逆止弁など

7.2 一般的注意

- 実験の目的、条件を明確に把握し、それに合った装置、機械類、構成材料を選択する。
- これらの購入、製作にあたっては、信用あるメーカーのものを選ぶ。その際には、使用圧力、温度、薬品の性状など各種条件を明示する。
- 安全機器類を必ず装着し、安全設備を設ける。特に危険が予想される時は遠隔測定用、操作用のものを使用する。また、安全機器類の定期的検査を怠ってはならない。
- 停電などによって機能が失われても安全であるような措置を講じておく。
- 高圧装置は試験耐圧の 2/3 以下の圧力で使用すること（常用圧力の 1.5 倍の水圧で耐圧試験を行なうこと）。
- 高圧装置は常用圧力以上の圧力でガスの漏洩のないことを確認するのはもちろんのことであるが、もし漏れても滞留しないように室内の換気に注意する。
- 実験室内の電気設備はガスの性状によって防爆型にするなど適当なものを選ぶ。
- 実験室内の装置の配置は、もし事故が発生しても被害を最小限に食い止めるよう十分に配慮する。
- 実験室の外および周辺に標識を出し、実験の内容、使用ガスなどが外部の者に明確にわかるようにする。
- 高圧実験は危険度が高いので、各種装置や機器類の構造および取り扱い方を熟知した上で慎重に行なわなければならない。不審な点があれば専門書を参照し、専門家の教示を受ける。

高圧ガス（高圧ガス保安法の規定）

- ガス状のもの。常温で圧力が 1 MPa 以上である圧縮ガス。
- 温度 35℃において圧力が 1 MPa 以上である圧縮ガス。
- 液状のもの。常温で圧力が 0.2 MPa 以上となる液化ガス。
- 圧力が 0.2 MPa となる温度が 35℃以下の液化ガス。
  - 例外：圧縮ガスでも 0.2 MPa 以上の圧力のアセチレンガス、液化シアン化水素、液化ブロムメチル、酸化エチレンは大気圧以上で高圧ガス。

- その他、液化ガスであって政令で定められたガス。

7.3 個別の高圧ガスに関する注意事項

安全対策の第一はまず取り扱うガスの性質を知ることである。特殊なガスを対象とする時は、その諸性質を十分調べてから取り扱わなければならない。主な高圧ガス取り扱い上の注意を以下にまとめる。

酸素：酸素は油脂類にふれるだけで酸化発熱し、燃焼、爆発に至る危険性があるので、容器、器具類に油分をつけたり、付近にこれらを置いたりしないように十分注意する。調整器などは酸素専用のものを用いる。圧力計は「禁油」と表示された酸素用を用い、接続部分に可燃性のパッキンを用いない。酸素を空気と同じと考えてはいけない。機械、器具、配管内には油分がある場合が多いので危険である。また酸素を大気中に放出する場合には、付近に火災などの危険性がないことを確認してから行う。水素などの可燃性ガスのボンベとは隔離しておく。

水素：水素を急激に放出すると、火源がなくても発火することが多い。水素と空気の混合物の爆発範囲は水素:4.0～75.6 vol％と広範囲である。換気のよい場所で使用するか、導管で室外の大気中に放出するなどの配慮が肝要である。漏れ試験は石けん水などで行ない、火炎などを近づけてはならない。火気厳禁である。水素を使用した設備は使用後窒素ガスなどの不活性ガスで置換し、保全する。酸素ボンベと一緒に貯蔵しない。

塩素：塩素は微量でも眼・鼻・のどを刺激する。換気の良い部屋、ドラフトチャンバーなどで使用すること。調整器などは専用のものを使用する。水分があると腐食がひどいので、使用のつど水分をふきとる。それでも腐食が進むため、6ヶ月以上充瓶のまま貯蔵しない。

アンモニア：アンモニアも眼・鼻・のどを刺激する。凍傷にかからぬよう留意する。アンモニアはよく水に吸収されるので、注水のできる場所で取り扱い、貯蔵する。

アセチレン：アセチレンは非常に燃えやすく、燃焼温度が高く、時には分解爆発もする。通風のよい場所に置き、容器は使用中、貯蔵中ともに必ず直立させておく。火気厳禁である。漏れに注意する。調整器出口で圧力が 0.1 MPa 以上にならないようにして使用。バルブは 1.5 回転以上あけない。調整器などは専用のものを使用する。空気と混合した時の爆発範囲は 2.5～80.5 vol％である。

可燃性ガス：火気厳禁である。消火設備を設ける。換気の良い部屋で使用し、火災、爆発に対し、十分に配慮しておく。ガスの漏洩のないことを必ず確認する。スパークなどによる引火、爆発を防ぐため、電気設備は防爆型のものを使用する。また静電気の除去を行なう。可燃性ガスの使用の前後には、装置内を不活性ガスで置換する。可燃性ガスと空気の混合物の爆発範囲は広い範囲にわたるものが多いので十分注意する。また、ガスの空気に対する比重を考慮し、換気などに配慮する。

毒性ガス：毒性ガスに対する十分な知識をもって取り扱う。防毒マスクを用意し、防毒設備や避難などの措置についても万全を期する。換気のよい場所で使用し、ガスの滞留を検知する措置を講じておく。毒性ガスを大気中に放出する時は完全に無害な状態にしてから放出する。毒性ガスにはボンベの腐食、さび、劣化を招きやすいものが多いので、ボンベの管理には十分注意する。毒性ガスボンベの長期間の貯蔵は避け、業者に引き取らせる。

不活性ガス：不活性ではあるが、高圧のため一般的注意を守って、慎重に取り扱う。大量に使用する時は室内の換気に注意する。密閉された部屋での使用は避ける。

7.4　高圧ガス容器（ボンベ）

高圧ガス容器に関する規格は、各国ごとに決められている。日本では、日本工業規格 JIS B.8241（温度 35℃で圧力が 1 MPa 以上の圧縮ガス、40℃で圧力 0.2 MPa 以上の溶解ガスまたはすべての液化ガスを充填する内容積 0.1 MPa 以上、700 L 以下の継目なし銅製高圧ガス容器に関する規定。）で定められている。

容器の形状：凸形、凹形、凸形スカート付き、両口の 4 種類がある。

キャップ：キャップは、11m の高さから容器が転落した場合に衝撃によってバルブおよび部品が損傷を受けることを防止できる性能をもつ。面積3㎠以上のガスの逃げ穴を2個以上あけておかねばならない。ネジ込み式キャップは紛失や取付け忘れが多いので、業界では固定式キャップが賞用されている。

容器弁：ガス充填目のネジは、可燃性ガスは左ネジ（ブロムメチル、アンモニアは右ネジ）、その他のガスは右ネジ（ヘリウムは左ネジ）である。

圧力調整器：一般にガスを使用する時は、圧力調整器で必要な圧力に減圧して用いる。調整器の取り扱いは形式によって異なるので、メーカーの取り扱い説明書に従って操作しなければならない。圧力調整器の袋ナットと容器弁のネジが合わない場合は、適当なコネクターを用いて両者を接続すること。また、圧力調整器の出口ジョイントには配管の種類によって適当なものを選ばなければならない。

7.5　ボンベ取り扱い上の一般的注意

容器の刻印および表示容器には、その肩部厚肉の部分に明白に、消えないように決められた事項を刻印しなければならない。また、下の表 7.6.1 のように充填ガスの種類によって容器の外面全部を塗色し、定められた色でガスの名称および性質を明示しなければならない。(100 ページの図 9.3.1 も参照)

表 7.6.1　高圧ガス容器の塗色と文字の色

高圧ガスの種類	容器の塗色	ガスの名称を示す文字の色	ガスの性質とそれを示す文字の色
酸素ガス	黒色	白色	
水素ガス	赤色	白色	「燃」白色
液化炭酸ガス	緑色	白色	
液化アンモニアガス	白色	赤色	「燃」赤色、「毒」黒色
液化塩素ガス	黄色	白色	「毒」黒色
アセチレンガス	かっ色	白色	「燃」白色
可燃性ガス	ねずみ色	赤色	「燃」赤色
可燃性･毒性ガス	ねずみ色	赤色	「燃」赤色、「毒」黒色
毒性ガス	ねずみ色	白色	「毒」黒色
その他のガス	ねずみ色	白色	

なお、容器（ボンベ）には高圧ガス保安法により 3 年に一度の耐圧試験が義務づけられている。その証明である「容器証明書」は購入したガスの容器と一緒に納入されるので、容器の返却時まで厳重に保管しなければならない。また、容器自体を研究室で購入した場合は 3 年に一度耐圧試験に出さなければならないなど面倒なので、容器は業者から借りる方が望ましい。

確認事項：容器証明書、再検査期間、容器の刻印

運搬：バルブを点検する。保護用キャップを必ずつける。ボンベ運搬の手押し車を使用する。運搬中はころげ落ちないように固定する。積み降ろしは静かに慎重に行う。一人でかつぎ上げたりしない。

貯蔵：ガスの種類によって区別して貯蔵する。酸素と水素、可燃性ガスを一箇所に貯蔵してはいけない。ボンベは立てて固定する。液化ガス、アセチレンは必ず立てて保管する。酸素および可燃性ガスボンベの近くには自然発火性や引火性の強い薬品を置かない。貯蔵室内は火気厳禁である。ガスが漏れても滞留しないよう換気に注意する。ボンベは常に 40℃以下、−15℃以上の所に保管する。直射日光、風雨の当たる所、湿気の多い所、腐食性薬品の近くには置かない。電線、アースの近くにボンベを置かない。重量物の落下などのおそれのない場所を選ぶ。

使用：ボンベが倒れたり、移動したりしないようにしっかり固定して使用する。バルブの開閉は常に静かに注意深く行い、急激に開いたり無理な力で開いたりしてはいけない。安全弁には絶対に手を触れない。調整器、導管はそのガス専用のものを使用する。導管の接続は必ず締付け金具を用いる。接続部分のガス漏れは石けん液をつけて検査し、ガス漏れのないことを確認した上で実験を行なう。バルブからガス漏れがある時は、ボンベを屋外に持ち出し、室内での爆発、中毒を防ぐ。ボンベからボンベへのガスの移替えは絶対にしてはいけない。ボンベを温める必要がある時は、40℃以下の温湯、熱い湿布などを用い、決して直火などを用いてはならない。ガスの使用を一時中止する時は調整器の操作だけでは不完全である。必ず元バルブを閉じ、かつ実験装置と調整器の接続を外しておく。使用後はバルブを完全に閉じ、キャップをかぶせる。

その他：ガスを使い終わって容器を返済または詰替えをする時は、必ずバルブを閉じ、ガスが若干残った状態で業者に渡す。ガスを完全に消費してしまうと、再充填の際に空気が混入するおそれがある。長期間放置し容器検査に出していないボンベ、容器検査に合格しなかったボンベを廃棄する場合は、勝手に放棄せず、必ず高圧ガス取り扱い業者に処分を依頼する。

7.6　ガスによる事故例の原因と対処

(1) **[事例]** 湿式酸化実験装置に酸素を送って漏れを点検した。漏れが見つかったため、酸素の注入部分をレンチで締めたところ爆発した。

[原因] 装置内の何らかの可燃物に着火した可能性が高い。

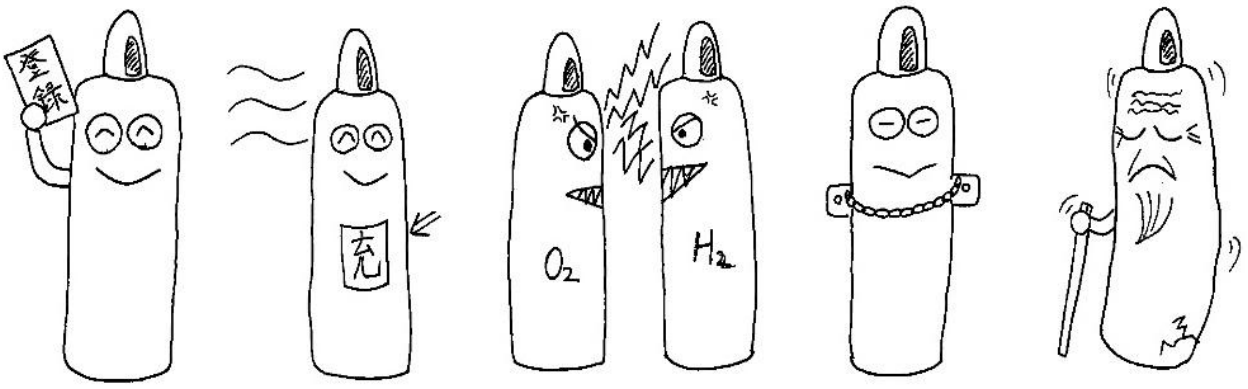
[対処] 不適切な操作（可燃性の物質が存在する可能性がある容器を純粋な酸素で満たす）を避ける。

(2) **[事例]** 放置されていた酸素ボンベが突然爆発した。人的被害なし。

[原因] ボンベの再充填と検査後、海水や洗浄水にさらされる状況で 9 年間放置されており、下部が腐食して内圧に耐え切れなくなった。

[対処] 使用しないボンベは速やかに返却する。ボンベには 3 年に一度の耐圧試験が義務付けられているので、長くとも 3 年以内に返却する必要がある。

ボンベの正しい飼い方



ボンベはちゃんと
登録しましょう

涼しいところに
表示をしっかり

仲の悪いボンベは
離しておきましょう

(危害を与えないよう)
くさりにつないで

古いボンベは
適切に処分

8　冷媒・寒剤の安全取り扱いについて

8.1　冷媒

冷媒とは寒剤として使用される低温液化ガスであり、ほとんどの場合、液体ヘリウム、液体窒素が使用される。これらの熱特性を以下に示す。

表 8.1.1　低温液化ガス（液体ヘリウム、液体窒素）の熱特性

	He	N_2
分子量	4.003	28.013
沸点（大気圧 0.1013MPa）K	4.22	77.35
臨界点　：温度 K	5.20	126.2
：圧力 MPa	0.227	3.40
三重点　：温度 K	λ点：2.18	63.15
：圧力 MPa	：5.04	12.5
密度：液体（沸点）kg/L	0.125	0.809
：蒸気（沸点）kg/L	0.0169	0.00461
：ガス（300K, 0.1013MPa）kg/m^3	0.1625	1.139
ガス（300K）と液体の体積比	769	710
蒸発潜熱：（沸点、単位質量当たり）kJ/kg	20.4	199
：（沸点、液単位体積当たり）kJ/L	2.55	161
ガス顕熱（沸点から 300K まで）kJ/kg	1543	234
ガス顕熱と蒸発潜熱の比	75.6	1.18

［超伝導･低温工学ハンドブック（オーム社）より］

低温液化ガスを取り扱う者は、その性質をよく理解し、安全性を考慮して合理的な取り扱いをする必要がある。特に凍傷と寒剤を封入する低温容器の圧力上昇に注意が必要である。

一般的注意事項

凍傷：冷媒は極低温であるため、冷媒が直接皮膚に触れることはもちろん、断熱加工していない裸管や容器に触れることで、表皮の水分が凍結し皮膚に凍傷が起きる。また、フレキシブル配管の先端から液化ガスが噴出するとき、その反動で管の先端が振れ回って液化ガスが身体に降りかかり、凍傷を受けることがある。この場合、液化ガスを含みやすい衣類を着用していたり、液化ガスがたまりやすい状態で靴などを履いていると、露出部分以上に危険である。

圧力上昇：低温液化ガスは蒸発すると大きな体積膨張を起こす。液体の密度と 300 K, 0.1 MPa におけるガスの密度を比べると、ヘリウムで 769 倍、窒素で 710 倍である。したがって、密閉容器内で液化ガスが蒸発すると、非常に大きな圧力上昇をもたらし、容器が破裂するなどの危険性がある。

凍傷防止

- 保護具を着用すること。［保護メガネ、長袖作業服、革手袋（すぐ脱げる大きさのもの）、革の編上長靴］

- ズボンのすそは靴の外側になるように着用すること。

圧力上昇への対応

- 低温容器が健全であることを確認して使用する。
- 低温容器の安全弁等を調節し、容器が密閉状態にならないようにする。
- 被冷却体の温度に常に注意する。

8.2 液体ヘリウム

ヘリウムは希ガスで、原子番号は2、質量数3と4の同位元素3Heと4Heがある。ヘリウムは天然ガスから分離して採集するのが普通だが、この場合、前者の後者に対する割合は10^{-7}程度である。したがって、ヘリウムと言えば、実際には4Heを考えればよい。ヘリウムは0.1 MPa, 4.2 Kで液化し、2.19 K以下になると特異な性質を持つようになる。この温度を境として、以上と以下で区分しヘリウムIとヘリウムIIと呼び、ヘリウムIIは超流動などの特有の性質を持つ。なお、熱特性は表8.1.1のとおりである。

液体ヘリウムの沸点は0.1 MPaで4.2 K、沸点における液体の密度と300 K, 0.1 MPaにおけるガスの密度を比べると769倍にもなる。「冷媒」の項目を参照し、凍傷と圧力上昇に注意する必要がある。

液体ヘリウムの取り扱いはクライオスタットなどの低温容器やその他低温機器の取り扱いと密接に関わるため、それらの使用法を必ず把握しておくこと。

作業上の注意事項

凍傷防止

- 保護具を着用すること。[保護メガネ、長袖作業服、革手袋（すぐ脱げる大きめのもの)、革の編上長靴]
- ズボンのすそは靴の外側になるように着用すること。

圧力上昇への対応

- 低温容器が健全であることを確認して使用する。
- 低温容器の安全弁等を調節し、容器が密閉状態にならないようにする。
- 被冷却体の温度に常に注意する。

8.3 液体窒素

液体窒素は安価な寒剤であり多用されている。液体ヘリウムのように閉鎖系ではなく開放系で使用することが多く、事故例も多い。液体窒素の安全な取り扱いには、凍傷の危険のほかに酸欠・窒息の危険についても注意を払わなければならない。また、液体窒素で冷却したトラップなどを開放系で放置すると、液体酸素が容器内にたまり、爆発性の過酸化物を作り大変に危険である。なお、熱特性は表 8.1.1のとおりである。

作業上の注意事項

凍傷防止

- 保護具を着用すること。[保護メガネ、長袖作業服、革手袋（すぐ脱げる大きめのもの)、革の編上長靴)]

- ズボンのすそは靴の外側になるように着用すること。もし靴の中や靴下に液体窒素が流れたら、直ちに靴や靴下を脱ぐこと。
- 衣類に掛からないようにする。特に汲み出し時に飛散したものが上着の袖にかかると、衣類に染み込んだ液体窒素が袖口にたまり、手首に腕輪状の凍傷を起こす。
- 液体窒素による凍傷は局所的で痛みは小さいが、深く傷つきケロイドが残ることがある。少しでも痛みを感じたらすぐに対応・処置する。

運搬

- 容器の転倒など起こらないように注意する。
- 密閉系となるような運搬装置へ同乗しない。特にエレベーターで運搬する際は、人が同乗してはならない。(「液体窒素運搬中−酸欠危険−エレベーターの同乗厳禁」などの立て札をエレベーターの扉側に見えるように立てておく。)

圧力上昇への対応

- 低温容器が健全であることを確認して使用する。
- 低温容器の安全弁等を調節し、容器が密閉状態にならないようにする。
- 被冷却体の温度に常に注意する。
- 昇圧弁を利用した場合、圧力が安定するまで開放弁を閉じない。

使用

- 真空ポンプのトラップとして液体窒素を使用した場合、取り外し後にトラップを液体窒素に浸けっぱなしにしない。トラップを液体窒素に浸けっぱなしにすると、酸素が液化して溜まる。特に有機物の共存下では爆発性の過酸化物を作り、大変危険である。
- 使用後の液体窒素は換気のよい場所(局所排気設備下)で揮発させる。床にまいたり流しに流してはいけない。
- 液体窒素を使用する際は部屋の窓・扉を開け、蒸発した窒素ガスによって部屋の空気の酸素濃度が致死量まで下がらないようにする。(特にクリーンルームなどの閉空間では要注意)

8.4 ドライアイス

ドライアイス(固形二酸化炭素)は炭酸ガスを固体にしたもので、冷却材として使用される。ドライアイスは、−78.5℃で固体から直接気体に変化(昇華)し、直接気体(炭酸ガス)となる。使用する低温容器や低温機器についても把握しておくこと。

表 8.4.1　二酸化炭素の性質

分子量	44.01
密度　：気体(0℃、0.101325 MPa) kg/m^3	1.977
：液体(-20℃、1.967 MPa) kg/L	1.030
：固体(-80℃) kg/L	1.566
三重点：温度 ℃	-56.6
：圧力 MPa	0.518
臨界温度 ℃	31.1
臨界圧力 MPa	7.382

一般的注意事項

- ドライアイスは触れると凍傷の恐れがあるので、取り扱いにあたっては革手袋を着用する。
- ドライアイスは昇華して体積が数百倍の気体となるため、密閉容器に封じ込めると破裂することがある。
- 高濃度の二酸化炭素を吸入すると人体に影響を与える恐れがある。換気には注意すること。

作業上の注意事項

- 直接触れると凍傷を起こす。取り扱いにあたっては革手袋を着用する。
- 通気、換気のよい所で取り扱うこと。
- 破裂する危険があるのでビンなどの容器に入れて密閉しない。

8.5 関連法規

液体窒素、液体ヘリウムは高圧ガス保安法の適用を受ける。

8.6 冷媒・寒剤による事故例の原因と対処

(1) **[事例]** エアコンの故障により低温室温度が上昇したため液体窒素を散布し、酸欠死亡事故が発生した。

[原因] 寒剤の使用目的が誤っている。

[対処] 寒剤を目的外に使用しない。

(2) **[事例]** 移送中に容器の真空破壊が生じ、寒剤が噴出した。

[原因] 移送中の振動や衝撃で容器に亀裂が生じた。

[対処] 容器の移送は慎重かつ丁寧に行い真空度の低下した容器は使用しない。

９　圧力関連機器の安全取り扱いについて

9.1　一般的注意

近年、ガスは自動車等の乗物、病院での麻酔、家庭でも卓上コンロ、消火器等様々なところで利用され、これらのガスは高圧ガス保安法で災害防止を図っている。本学においても実験系研究室の多くが高圧ガスボンベ（容器）または液体窒素などの液化ガスを使用している。ガスの種類の中には爆発性や毒性の強いガスも多くあり、安全と思われている窒素ガス等の不活性ガスでも酸素欠乏症（酸欠）や窒息の危険性もある。本章では、正しく高圧ガスや容器を取り扱うための方法を記載する。

9.2　高圧ガス

9.2.1　高圧ガス保安法での定義

① 常用の温度で圧力が 1 MPa （約 10 気圧）以上の圧縮ガス、0.2 MPa 以上の液化ガス。

② 35℃で圧力が 1 MPa 以上となる圧縮ガス、35℃で 0.2 MPa 以上の液化ガス。

③ アセチレンガスで常用の温度で圧力が 0.2 MPa 以上の圧縮ガスまたは 15℃で圧力が 0.2 MPa 以上となる圧縮ガス。

［容器に充填された圧縮ガス（容器内のガス）は一般的には 14.7 MPa で充填されている。］

9.2.2　高圧ガスの種類と分類

① 容器内部の状態による分類

圧縮ガス：酸素(O_2)、水素(H_2)、窒素(N_2)、アルゴン(Ar)など

液化ガス：炭酸ガス(CO_2)、プロパン(C_3H_8)、アンモニア(NH_3)、塩素(Cl_2)など

低温液化ガス：液化窒素、液化ヘリウム(He)、液化アルゴン

② 性状による分類

可燃性ガス：水素、アンモニア、硫化水素、メタン、都市ガス(13A)など

支燃性ガス：酸素、空気、塩素、フッ素

爆発性ガス：可燃性ガスと支燃性ガスの混合ガス。シラン類。アルキルアミン類、金属水素化合物、有機金蔵等のガス

9.2.3　高圧ガスの取り扱いに関する基本事項（共通）

① 高圧ガス設備をよく点検し、基準に合うように管理する。

② 高圧ガス設備や容器などの正しい取り扱いに習熟する。

③ 安全データシート（MSDS）で取り扱う高圧ガスの性質を理解する。

④ 万が一の緊急時における処置法について訓練・理解する。

9.2.4　高圧ガス漏洩時の措置

① 可燃性ガスの場合（支燃性ガスにも準用）

- 漏洩箇所の確認を行う。
- 大量漏洩の場合は、すぐに漏洩場所に近づかない。
- 窓や戸を開けて換気する。

・ 火気厳禁である（換気扇や電灯などの電気機器のスイッチ類の ON・OFF 等の操作も禁止)。
・ 漏洩容器を屋外へ搬出する。

② 不活性ガスの場合
・ 漏洩室内の換気を行い、酸欠防止を図る。
・ 大量漏洩時は、空気マスク装備者以外は近づかない（2 次被害防止のため助けようと無理に近づかない)。
・ 酸素濃度 18%未満の場合は立ち入り禁止である。

9.2.5 火災時の措置

① ガスが着火した場合
・ 容器の元弁を閉め可燃性ガスの供給を絶つ。
・ 近づけない場合は、容器に注水冷却する。
・ 他の容器は速やかに搬出する。
・ 毒性ガスには防毒マスクや手袋等の保護具を着用する。

② 容器の周囲が火災となった場合
・ 爆発の危険性がある場合は避難する。
・ 消火作業者にガスの種類および数量を知らせる。
・ 可能ならば安全な場所へ容器を搬出する。
・ 搬出不可なら容器を注水冷却する。

9.2.6 毒性ガス分類に基づく取り扱い

(1) 可燃性ガスおよび爆発性ガスの取り扱い

可燃性ガスとは、空気中での爆発限界の下限が 10%以下のガス、あるいは上限と下限の差が 20%以上のガスである。爆発性ガスは可燃性ガスと支燃性ガスがある場合で混合したガスであり、空気との混合が一般的である。主なガスの爆発限界を表 9.2.1 に示す。

表 9.2.1 主なガスの常温・常圧下の空気中の爆発限界（vol%）

ガ　　ス	下限界	上限界	ガ　　ス	下限界	上限界
アセトン	2.5	13.0	水素	4.0	75.0
ベンゼン	1.3	7.9	一酸化炭素	12.5	74.0
トルエン	1.2	7.1	硫化水素	4.0	44.0
ペンタン	1.5	7.8	メタン	5.0	15.0
ヘキサン	1.1	7.5	エタン	3.0	12.5
メチルアルコール	6.0	36.0	プロパン	2.1	9.5
エチルアルコール	3.3	19.0	ブタン	1.8	8.4
アセトアルデヒド	4.0	60.0	エチレン	2.7	36.0
アンモニア	15.0	28.0	プロピレン	2.0	11.1
二硫化炭素	1.3	50.0	アセチレン	2.5	100.0
酸化エチレン	3.0	100.0	1,3-ブタジエン	2.0	12.0

(2) 支燃性ガス

① 酸素、空気

- 空気中に比べて、酸素中では爆発限界（特に上限界）が拡がる。
- 酸素ガスは、油、油脂、有機物の断熱材料と接触すると発火する危険性がある。
- 液化酸素を取り扱う場合は、保護眼鏡および凍傷防止のための革手袋を着用する。
- 液化酸素が衣服に触れると、液状やガス状の酸素が衣服にしみ込むのでタバコ等の火気に近づくと着火することがある。
- 液化酸素が衣服にかかった場合は、できるだけ早く衣服を脱ぎ凍傷から守るために大量の水道水で流し去るようにする。

② ハロゲンガス

- 塩素、臭素、フッ素などのハロゲンガスは支燃性があり、例えば塩素ガスと水素ガスのように爆発性混合ガスを作り激しく反応して爆発を起こすことがあり、点火はもちろん日光の照射によっても爆発的に反応するので注意が必要である。

(3) 不燃性ガスの取り扱い

ガスの内、発火や爆発等の化学反応が起こりにくい分類とされるガスであるが、酸欠や窒息の危険性があるので取り扱いには注意が必要である。このため、酸欠場所における救助活動には空気マスク等の呼吸用保護具の着用が必要である。酸欠の危険がある施設では空気マスクや酸素濃度計を設置する。

① 大量のガスや通風の悪い場所で取り扱う場合は酸欠に注意する。

表 9.2.2　酸欠時における人間の症状

酸素濃度 (vol%)	症　　状
21	自然酸素濃度
18	安全限界、連続換気が必要
16-12	呼吸・脈拍数の増加、精神集中力の低下、頭痛、耳鳴り、吐き気
10-6	昏倒、意識消失、全身のけいれん
6 %以下	意識不明、昏睡、呼吸停止、心臓停止、6 分間で死亡

＊酸欠を発見したときの対応

脳は酸素不足に対して最も敏感に反応する臓器であり、無酸素空気中で 1 回呼吸するだけで直ちに失神する。このため、酸欠場所における救助活動の際には、酸欠場所から離れた場所で酸素濃度を確認し、酸素濃度 18%未満の際には、空気マスク等の呼吸用保護具の着用が必要である。装備しない状態では救助のためとはいえ酸欠場所に決して立ち入ってはならない。

② 炭酸ガスは空気より重いため、地下室に設置する場合、ガス漏洩が発生した際は窒息を招きやすいので注意する。

(4) 液化ガスおよび低温液化ガスの取り扱い

液化ガスは常温常圧下においては気体である物質を人為的に圧縮または冷却、あるいはその併用により液体状態にしたものである。主に研究室では、窒素やヘリウムの低温液化ガスの利用が多い。低温液

化ガスの取り扱いについては以下の点を注意する。

① 液化ガスが気化する場合、著しい体積膨張と気化熱の吸収があることを念頭に置いて取り扱う。また、酸欠に注意する。

② 凍傷の危険性があるので、直接浴びることのないよう保護眼鏡および凍傷防止のため革手袋を着用する。軍手等、液体のしみ込みやすい手袋の使用は厳禁である。保護具や衣服に付いた場合は、脱げるものは脱ぎ大量の水道水で流し去るようにする。

③ 常温の容器への注入、物体の投入等においては、液化ガスの飛散や沸騰に注意が必要である。

④ ドライアイスや液化プロパンガス等は、空気より重く低所に貯まりやすいので注意が必要である。

⑤ デュワー瓶での運搬の際には必ずキャップを閉めて移動する。大きいデュワー瓶を運搬する際は 1 人ではなく、複数の人間で運搬し台車等を利用する。

(5) 毒性ガスの取り扱い

毒性ガスは、1 日 8 時間かつ長期間労働しても健康に支障を与えないガス濃度（許容濃度）が 200 ppm 以下のガスである。麻酔作用により麻酔死をもたらすガス（クロルメチル、酸化窒素等）、呼吸系統の収縮を起こし死に至るガス（塩素、亜硫酸ガス、アンモニア等）、脳や血行に障害を起こし死に至るガス（シアン化水素、硫化水素、一酸化炭素等）がある。さらに直接人体に対する毒性を持たないガスでも、呼吸に必要な濃度の酸素を遮断したり、酸欠を起こしたりして窒息することがある。毒性ガスの種類と許容濃度を表 9.2.3 に示す。毒性ガスの取り扱いには以下の点を注意する。

① 事前に MSDS（化学物質等安全データシート）で取り扱うガスの毒性や危険性を調査しておく。

② ガス漏洩をなくすことが大事であるが、万が一を考慮して常に不測の事態にも対処できるように用意しておく。

③ ガス漏洩の危険性のあるところでは、ガス漏洩検知警報器を設置すると共にガス濃度を測定できるようにしておく。

④ 少量ガス漏洩は換気により環境を改善できるようにしておく。

⑤ 毒性ガスが漏洩した場合を想定し、除害剤（吸収剤、中和剤）や除害作業に必要なマスクやゴム手袋等の保護具を備えておく。

表 9.2.3　有毒ガスの許容濃度（ppm）

ガ　　ス	許容濃度	ガ　　ス	許容濃度
アンモニア	25	アセトン	500
一酸化炭素	25	ベンゼン	0.5
二酸化炭素	5,000	メタノール	200
塩素	0.5	ジエチルアミン	5
フッ素	1	酢酸	10
臭素	0.1	酢酸エチル	400
酸化エチレン	1	塩化ビニル	1
1,3-ブタジエン	2	トルエン	20
一酸化窒素	25	アクリロニトリル	2
硫化水素	10	臭化メチル	1
ホスゲン	0.1	二硫化炭素	1

(6) 都市ガスの取り扱い

都市ガスは0.1%の漏れでも人間が感知できるように臭い物質（チオール）が混入されている。空気よりも軽い（比重: 0.66）のため、ガス漏洩に気付くのが遅れる場合がある。都市ガスの取り扱いについては、以下の点を注意する。

① ガスの点火・消火は必ず目で確認する。また、ガスの使用後退室する場合は、ガスの元栓を含めて、全てのコックを閉める。
② 安全なガス器具を使用しゴムホース等を点検する。古い器具は交換する。
③ ガス管の接続部分には必ず止め金を使用する。また、使っていないガス栓にはゴムキャップを被せる。
④ ガス管は足で踏んでも潰れないような強化ガスホースやコンセントホース等を使用する。
⑤ たこ足配管や間に合わせ的な配管をしてはならない。
⑥ 立ち消え安全装置付き器具を使用する。また、ガス漏れ警報器を設置する。
⑦ ガス器具とその周囲の清掃を行う。
⑧ ガス器具の周囲に可燃物を置いてはならない。
⑨ ガスコンロやバーナー等を木製等の可燃性の台に置いてはならない。必ず金属や無機質等の不燃性の台に置く。
⑩ ガス漏れに気付いた場合は、すぐにドアや窓を開放して通気をよくし、全てのコックを閉める。ただし、換気器具や電灯等のスイッチ操作を絶対にしてはならない。通常の使用においても1時間に1回は換気に努める。
⑪ 都市ガスの主成分はメタンであるが、不完全燃焼により一酸化炭素ガスが発生する。一酸化炭素は無色無臭であるため気付くのが遅れる場合があるので、不完全燃焼には十分な注意が必要である。

9.2.7 特殊材料ガス特定高圧ガスにおける取り扱い

(1) 特殊材料ガス（特定高圧ガス）の概要

近年では半導体に関する研究が積極的に行われており、半導体の製造過程でモノシラン等特殊なガスが広く使用されている。表9.2.4の37種類のガスは空気中で自然に燃焼するガス、毒性の強いガス等、保安上特に注意を必要とするガスとして特殊材料ガスと呼ばれている。

さらに、特殊材料ガスのうち、アルシン（5 ppb）、ジシラン（5 ppm）、ジボラン（100 ppb）、セレン化水素（50 ppb）、ホスフィン（300 ppb）、モノゲルマン（200 ppb）、モノシラン（5 ppm）は自然発火性もしくは分解爆発性、非常に強い毒性を有することから特定高圧ガスとして指定されている。[（ ）内の濃度は許容濃度]

表 9.2.4　特殊材料ガス（特定高圧ガス）の一般的性質

分類	名　　称	化学式	毒性	可燃性	自然発火性※1	分解爆発性※2	腐食性※3
シリコン系	モノシラン	SiH_4	○	○	○		
	ジシラン	Si_2H_6	○	○	○		
	ジクロロシラン	SiH_2Cl_2	○	○			○
	三塩化シラン	$SiHCl_3$	○				○
	四塩化ケイ素	$SiCl_4$	○				○
	四フッ化ケイ素	SiF_4	○				○
ヒ素系	アルシン	AsH_3	○	○			
	三フッ化ヒ素	AsF_3	○				○
	五フッ化ヒ素	AsF_5	○				○
	三塩化ヒ素	$AsCl_3$	○				○
	五塩化ヒ素	$AsCl_5$	○				○
金属アルキル化合物	トリアルキルガリウム	GaR_3	○	○	○		
	トリアルキルインジウム	InR_3	○	○	○		
ホウ素系	ジボラン	B_2H_6	○	○			
	三フッ化ホウ素	BF_3	○				○
	三塩化ホウ素	BCl_3	○				○
	三臭化ホウ素	BBr_3	○				○
リン系	ホスフィン	PH_3	○	○	○		
	三フッ化リン	PF_3	○				○
	五フッ化リン	PF_5	○				○
	三塩化リン	PCl_3	○				○
	五塩化リン	PCl_5	○				○
	オキシ塩化リン	$POCl_3$	○				○
金属水素化合物	セレン化水素	H_2Se	○	○			
	モノゲルマン	GH_4	○	○		○	
	テルル化水素	H_2Te	○	○		○	
	スチビン	SbH_3	○	○		○	
	水素化スズ	SnH_4	○	○			
ハロゲン化物	三フッ化窒素	NF_3	○				
	四フッ化硫黄	SF_4	○				
	六フッ化タングステン	WF_6	○				○
	六フッ化モリブデン	MoF_6	○				○
	四塩化ゲルマニウム	$GeCl_4$	○				○
	四塩化スズ	$SnCl_4$	○				○
	五塩化アンチモン	$SbCl_5$	○				○
	六塩化タングステン	WCl_6	○				○
	五塩化モリブデン	$MoCl_5$	○				○

※1　自然発火性ガス：発火温度が常温以下で、大気中に流出すると常温で酸化が始まり、その反応による発熱で温度が上昇して、自然に発火するガス。

※2　分解爆発性ガス：支燃性ガスと混合しなくても発火源(温度)があると火災が発生し、ガス中を急速に伝搬して爆発するガス。

※3　腐食性ガス　　：空気中の水分と加水分解してハロゲン化物(塩酸、フッ酸等)を生成し、金属材料を腐食させるガス。

(2) 特殊材料ガス（特定高圧ガス）の取り扱い

① 事前に化学物質安全データシート（MSDS）で取り扱うガスの毒性や危険性を調査しておく。

② 実験前に安全教育を必ず受講し、指導教員が許可しない者の実験は認めない。

③ 2 人以上で実験を行う。特に夜遅くに 1 人で実験を行ってはならない。

④ これまでに発生した事故は、実験設備の立ち上げの際に多く発生している。このため、ガスを初めて流す前には真空引きによる漏れ（リーク）チェックを徹底して行う。特に、加圧となる部分は慎重に確認する必要がある。

⑤ 特殊材料ガスを利用した実験設備は、バルブ操作が極めて多く、バルブ操作のためのマニュアル(実験作業基準書や取扱説明書)を必ず作成する。実験に慣れても、マニュアルの確認作業を怠ってはならない。

⑥ 定期的に安全確認の作業を行う。特に定期保守点検が必要な実験設備は必ず作業記録を残し、忘れることがないようにする。

⑦ 緊急時に備えて定期的に訓練を行い、特に消火器や防毒マスク等の取り扱いに慣れておく。また、研究室内で常に日頃から地震、火災、ガス漏れ等に対する緊急措置を話し合うことが大切である。

9.3　高圧ガス容器（ボンベ）

9.3.1　高圧ガス容器（ボンベ）の概要

高圧ガス容器は圧縮ガスや液化ガスを充填するために使用する「継目なし容器」と LP ガスの低液化ガスに使用する「溶接容器」に区分される。容器はガスの種類に応じて図 9.3.1 のように塗装されている。また、可燃性ガスには「燃」、毒性ガスには「毒」と明示している。

※大学で利用頻度の高い容器サイズは 46.7 L と 10 L の 2 種類である。これら容器のガス充填量を以下に示す。

46.7 L/本×(14.7 MPa／0.1 MPa) ~7000 L/本 ＝7 m^3/本

10 L/本×(14.7 MPa／0.1 MPa) ~1500 L/本 ＝1.5 m^3/本

図 9.3.1　高圧ガス容器の塗装色（実際のカラーは 99 ページの口絵を参照）

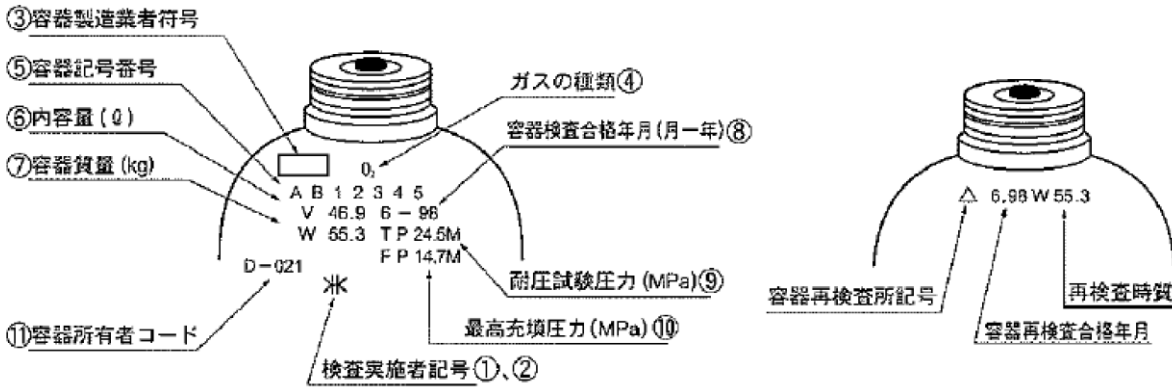


図 9.3.2　高圧ガス容器の刻印

容器上部肉厚部分には充填ガス種、容器記号・番号、容器の容積（記号: V、単位: L）、容器重量（記号: W、単位: kg）、容器検査合格年月（月―年）、容器検査時圧力（記号: TP、単位: Pa）などの刻印がされている。図 9. 3. 2 に刻印の詳細を示す。

9. 3. 2　容器弁および圧力調整器の取り扱い

容器弁及び圧力調整器の取り扱い時の注意事項を以下に列挙するとともに、図 9. 3. 3 および図 9. 3. 4 に示す。取り扱いは、熟練するまでは必ず管理者の指導のもとで行う。

① 容器に取り付ける前に圧力調整器の調圧ハンドルを緩めておく（左に回す）。
② 圧力調整器の圧力計の正面に顔を向けない（万が一圧力計が破裂した際、その破片が目に入らないように）。
③ 容器弁の開閉操作はゆっくり慎重に行う。
④ 漏洩試験液等で取り付け箇所の気密性を確認する。
⑤ 圧力調整器の出口圧力は、低圧圧力計を見ながら圧力調整ハンドルを時計方向に回し、所定の圧力に設定する。

図 9. 3. 3　容器弁の取り扱い（継手の違い）

図 9.3.4　調整器（レギュレータ）の取り扱い

9.3.3　高圧ガス容器の移動上の注意事項

① 容器を運搬する際は 2 人以上で行う。

② 容器を引きずったり、倒したり、横にして転がしたり、衝撃等の粗暴な取り扱いをしない。

③ 容器を近距離移動する場合は、専用の手押し車を使用する。他の車を使用する場合は架台等にキャップやバルブをもたせかけないようにする。

④ 容器をエレベーターで運搬する際は、事前に高圧ガスの管理者に連絡し、運搬の具体的方法についての指示を受けて行う。

⑤ アセチレン容器、液化ガス容器を移動する場合は専用の手押し車に立てて移動する。

⑥ 手で容器を移動する場合はキャップの固着を確認の上、キャップのネジがゆるまないような方向に回転しながら慎重に移動する。

⑦ 移動中にガス漏れを生じた場合は、直ちに漏洩部を点検して適切な処置を行う。

9.3.4　事業所内の高圧ガス容器（貯蔵）の取り扱い

① 高圧ガス容器を導入した場合や借入容器を交換した場合は、研究室等単位で容器の授受を管理する。

② 可燃性ガス、毒性ガスの充填容器は通風の良い場所に設置し、設置する実験室等の温度は常に 40℃以下に維持する。

③ 充てん容器は、充てん容器および残ガス容器にそれぞれ区分して容器置き場に設置する。「充」「空」「使用中」標識で区分する。

④ 導入した容器にボンベスタンドを使用する場合は、上下 2 箇所にチェーン等をボンベスタンドにかけて、ボンベスタンドは床もしくは壁に固定し、転倒防止対策を講じる（図 9.3.5）。ボンベスタンドを使用しない場合は、チェーン等で上下 2 箇所を壁に固定する。チェーン等は緩みがないように掛ける。衝撃等の粗暴な取り扱いはしない。

⑤ 容器の周囲（2 m 以内）は整理整頓を行い、通路を塞がない。計量器等の作業に必要なもの以外は置かない。火気の使用を禁じ可燃物は置かない。

⑥ 引火・爆発および災害拡大防止のために可燃性ガス、酸素、毒性ガスは、同一場所に保管しない（隣り合わせに置かない）。

⑦ 消防法に基づく消火設備を適切な箇所に設置する。

⑧ 腐食している容器および外観に傷がある容器は使用しない。使用済みの容器は、速やかに業者に返却する。

⑨ 買い取り容器所有者は、容器の耐圧期限切れ容器にガスを充てんすることのないようにする。その容器を使用する場合は、耐圧検査を受検する。買い取り容器所有者は、高圧ガス保安法に基づく検査等を行い厳重に管理する。原則として容器管理の責任問題が生じるため、順次、借り入れ容器に切り替える。

(a) 1 本用ボンベスタンド

(b) 3 本用ボンベスタンド

図 9.3.5　ボンベスタンドへの圧力容器の固定

9.4　関連法規

高圧ガス保安法の適用を受ける。高圧ガス保安法では、高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他取り扱いおよび消費ならびに容器の製造ならびに取扱等、広範囲に規定している。

その他、労働安全衛生法、消防法、毒物および劇物取締法の適用を受ける。

9.5　高圧ガスによる事故例の原因と対処

(1) **[事例]** 食品工場で 15 年間保管されていた不使用の窒素ボンベが破裂し、工場の一部が破損した。

[原因] 衛生管理のために床洗浄に用いていた次亜塩素酸水によって窒素ボンベの底部が腐食し、内圧に耐え切れなくなって破裂した。

[対処] 使用しないボンベは速やかに返却する。また、ボンベは 3 年に一度の耐圧試験が義務づけられているため、使用中のボンベであっても 3 年以内に返却する。

(2) **[事例]** 大学実験室においてアンモニア（NH_3）ボンベを使用して 2 日後に、周辺にアンモニアガスによる悪臭が発生した。

[原因] アンモニアボンベの使用後にボンベの元栓を閉めずに 2 次側バルブのみを閉めるという使用法を用いていた。ボンベに取り付けてあるレギュレータに故障（内部リーク）が発生し、アンモニアボンベの使用後にボンベの元栓を閉めずに 2 次側バルブを閉めると、一定時間（約 2 日）後に高圧になった配管内のアンモニアガスが安全弁から放出されるという状況が生じていた。

[対処] 元栓を閉じて換気を行うことで事態に対処した。故障したレギュレータを交換し、さらに、ボンベ使用後は元栓を閉じるという本来の取り扱いを行うように使用法を是正した。

(3) **[事例]** 工業高校において、声色が変化する遊びを意図した生徒が、ヘリウムガスボンベから取り出したヘリウムガスを充填したポリ袋を頭からかぶり、死亡した。

[原因] 不活性ガスの吸入による窒息死。

[対処] 上記のようなことを行わない。アルゴンガス、窒素ガスでも吸入による窒息死が過去

に発生している。通常の実験においても前記のガスの吸入による窒息には十分に注意する必要がある。空気より比重の大きいアルゴンガスは特に注意が必要である。

１０　高温関連機器の安全取り扱いについて

10.1　一般的注意

高温関連機器の取り扱いに関する一般的な注意事項としては、

1）高温に対する人体の保護に留意する。

2）高温装置の取り扱い法を熟知し、入念な注意のもとで操作する。

3）高温装置を用いる実験は、防火建築内または防火設備を備えた室内で行う。また、室内の換気を良好にする。

4）高温実験に水は禁物である。高温物体に水が混入すると、水は急激に気化し、いわゆる水蒸気爆発を起こす。高温物体が水中に落下したときも同じように、爆発的に多量の水蒸気が発生し、周囲に飛散する。

5）高温装置を取り扱うときは、常に衣服に火が燃え移る危険を想定し、簡単に脱ぎ捨てることができる服装を選ぶ。

6）手袋は乾いたものを使用する。手袋が水に濡れていると熱伝導性が大きく、また手袋中の水分が水蒸気を発生して手にやけどを負う危険がある。湿気を吸いにくい材質の手袋がよい。

7）白熱体、炎などを長い間凝視する必要のある場合には保護メガネを着用する。

8）溶融金属、溶融塩など高温流体を取り扱う場合には、靴などにも留意する。

などがある。

10.2　電気炉使用時の安全心得

電気炉使用時の安全心得は、次のとおりである。

1）炉の周囲に燃えやすいもの、可燃性ガス等がないことを確認する。

2）測温用の熱電対が所定の位置に設置されていることを確認する。

3）マニュアルをよく読み、操作、手順を確認する。それがない時は管理者の指導を受ける。

4）試料挿入に際し、容量以上に入れたり、炉体、炉心管等を損傷しないよう注意する。

5）電気炉の使用中は目をはなさない。

6）加熱の際、過電圧をかけない。炉の容量以上に温度を上げない。

7）高温体を扱う時には手袋をする。

8）熱処理等の危険性を伴う作業には、安全服、安全靴、保護眼鏡を着用する。

9）無人運転する時は、使用者、作業内容、連絡先等を記入した張り紙をする。

10）作業終了時には、炉温度が十分安全な低温度になっていることを確認する。

10.3　ガス炉使用時の安全心得

ガス炉使用時の安全心得は、次のとおりである。

1）点火に際してはガスが炉内に充満していないことを確認する。

2）ガスの混合比は規定範囲にあるように常に監視すること。

3）不完全燃焼を起こさないようにすること。

4）廃ガスが室内に出る炉では、窓を開け十分に換気すること。

5）ガス炉の使用が終わった後は、ガスの元栓を必ず閉めること。

6）停電によって空気が止まった場合は、直ちにガスを切ること。

10.4　乾燥炉使用時の安全心得

乾燥炉使用時の安全心得は、以下のとおりである。

1）素手で試料等の出し入れを行わないこと。軍手とるつぼハサミなどを使用すること。

2）例えばアセトン、ベンゼン、アルコール等の可燃性の揮発物質を含む試料を入れないこと。

3）毒性のガスを発生するものを入れないこと。

10.5　高温関連機器による事故例の原因と対処

⑴ **[事例]**電気炉で加熱中、煙が出て、火災報知器が鳴った。
[原因]加熱する物質の表面を洗浄・脱脂しなかったため。
[対処]加熱する物質に適した方法で表面をきちんと洗浄することを徹底する。

⑵ **[事例]**電気炉を異常加熱し、物質や炉体を焼いてしまった。
[原因]加熱プログラムのミスで、設定温度を超えた高温で加熱してしまった。
[対処]電気炉の加熱制御プログラムの適正な使用法を徹底する。

⑶ **[事例]**電気炉の表示温度と、炉内の温度が異なり、実験データが採取できなかった。
[原因]温度センサーの挿入位置のまちがいや、熱電対の断線により、実際の温度を表示しなかったため。
[対処]加熱前に、温度センサーの位置や接続の状態をきちんとチェックする。

⑷ **[事例]**加熱した試料を取り出す際にやけどをした。
[原因]保護手袋を着用せず、高温炉作業を行ったため。
[対処]素手で試料等の出し入れを行わないことを徹底する。

１１　薬品の安全取り扱いについて

11.1　危険物の安全取り扱い

危険物とは消防法に定められた、火事・爆発につながる物性を有する化学物質である。具体的には発火あるいは発火を促すもの、燃焼するもの、爆発するもの、燃焼を助ける酸化剤である。健康被害をおこす物質は「有害物」と呼ばれ、毒劇物取締法等で規定されている（11.5 参照)。それぞれ、それらの物質の取り扱いに関する法律が異なる。ここでは、危険物の保管や取り扱いに関する一般的な注意事項をまとめる。詳細については研究指導者に聞くか、危険物取扱者試験の参考書などを読むこと。

表 11.1.1　取り扱いに注意を要する薬品の分類

<table>
<tr><td rowspan="8">危険な物質</td><td rowspan="5">発火性物質</td><td>強酸化性物質</td><td>第１類</td></tr>
<tr><td>低温着火性物質</td><td>第２類</td></tr>
<tr><td>自然発火性物質</td><td></td></tr>
<tr><td>禁水性物質</td><td>第３類</td></tr>
<tr><td>強酸性物質</td><td>第６類　消防法</td></tr>
<tr><td>引火性物質</td><td>引火性物質</td><td>第４類</td></tr>
<tr><td rowspan="2">爆発性物質</td><td>分解爆発性物質</td><td>第５類</td></tr>
<tr><td>火薬類</td><td>火薬類取締法</td></tr>
<tr><td rowspan="2">有毒性物質</td><td>可燃性ガス</td><td rowspan="2">高圧ガス取締法</td></tr>
<tr><td>毒性ガス</td></tr>
<tr><td></td><td>毒物</td><td>毒物及び劇物</td></tr>
<tr><td></td><td>劇物</td><td>取締法</td></tr>
</table>

11.2　危険物の分類と法律

分類：消防法では危険物は第 1 類から第 6 類までの 6 種類に分類されている。その他にも、火薬類取締法の対象となる火薬、高圧ガス取締法の対象となる可燃性ガスがあり、これらは表 11.2.1 にまとめてある。この分類は、混ざったときの発火（混触発火）の危険性を考慮した分類である。異なる類のものを同じ場所に貯蔵しない。必要ならホウロウのトレイなどを使って棚の上段と下段の試薬が混ざらないように配慮すること。

指定数量：指定数量とは危険物の危険程度を考えて貯蔵量（の単位）を政令で定めたものである（消防法 9 条 3)。一般に燃えやすいものの指定数量は少なく、燃えにくいものは多くなる。化学物質によって異なるので、購入前に調べておくこと。また、危険物庫に保管できる危険物の量は危険物庫により異なるので、事前に確認すること。必要な溶媒や試薬でも貯蔵許可量を超える量を貯蔵しないこと。

危険物の表示：危険物を保管する場合は、どこに何類の危険物を保管しているかを明示する。このとき表示と実際の保管内容が異なることのないようにする。この表示は適切な消火方法を選択するために重要である。表示と保管内容の食い違いは消火活動での二次災害を招く。

表 11.2.1　危険物の性質と防災[1)]

種類[2)]	品　名（例）	指定数量[3)]	性質及び危険性
第１類	（酸化性固体） 過塩素酸類 過酸化物 硝酸塩類 過マンガン酸塩類 重クロム酸塩類 他	 50kg 〃 50～1000kg	それ自体は不燃性であるが、酸素を多量に含有しているので、加熱、有機化合物との反応等により酸素を発生し、可燃物の燃焼を誘発あるいは加速する。 ◆強酸化性物質◆
第２類	（可燃性固体） 硫化リン 赤リン イオウ マグネンウム 鉄粉 他	 100kg 〃 〃 〃 500kg 100～500kg	酸化されやすく、燃えやすい物質であり、比較的低温で着火し、速やかに燃焼する。また、リン、イオウなどは燃焼で有毒ガスを発生する。金属粉は水との接触で、自然発火することがある。 ◆易燃性物質◆
第３類	（自然発火性物質 及び禁水性物質） カリウム ナトリウム、アルカリ金属 アルキルアルミニウム アルキルリチウム 黄リン 金属の水素化合物 他	 10kg 〃 〃 〃 20kg 10～300kg	水との接触で可燃性のガスを発生する。アルカリ金属等は、水と激しく反応し爆発することがある。生石灰等、水との反応で高熱を発するものもこの類に含まれる。 ◆禁水性物質◆
第４類	（引火性液体） 特種引火物：エーテル ニ硫化炭素、コロジオン 第一石油類 アルコール類 第二石油類 第三石油類 第四石油類 動植物油	 50L 200～400L 400L 1,000～2,000L 2,000～4,000L 6,000L 10,000L	引火性あるいは可燃性の液体で、ガソリン、灯油、アセトン、ヘキサン等、ほとんどの有機溶媒、有機薬品がこの類に属する。引火点及び性状により､指定数量が、規定されている。これらの液体の蒸気は空気より重いため低所に滞留し、思わぬ遠方から引火することがある。 ◆引火性物質◆
第５類	（自己反応性物質） 有機過酸化物 硝酸エステル ニトロ化合物 ニトロソ化合物 アソ化合物 ヒドラジンの誘導体 他	 10～100kg	燃焼しやすく、燃焼速度が速い固体又は液体の物質。これらは、分子内に酸素や窒素を含む官能基を持っており、加熱や衝撃により、自己燃焼、あるいは爆発することがある。 ◆自己燃焼性 爆発性物質◆
第６類	（酸化性液体） 過塩素酸 過酸化水素 硝酸 濃硫酸 無水クロム酸 他	 300kg 〃 〃 〃 〃	極めて酸化力の強い強酸性の液体又は固体で、水と作用して発熱する。これらは、腐食性があり皮膚をおかし、その蒸気は有毒である。第１類の危険物と混合すると爆発することがある。 ◆強酸性、酸化性物質◆

1)消防法（平成２年５月 23 日施行)、危政令別表第三（平成２年５月 23 日施行)、および財団法人全国危険物安全協会発行”危険物の安全管理”を参考にした。取り扱う危険物の性質､法規制等については、原本を参照し確認すること。

表 11.2.1　危険物の性質と防災（つづき）

種類[2)]	取り扱い上の注意（防火対策）	消　火　の　方　法
第１類	1）直射日光をさけ、密封して冷暗所に貯蔵する。 2）潮解性のある物質（塩素酸ナトリウム、硝酸ナトリウム等）は、防湿に注意する。潮解物が木や紙にしみ込み、これが乾燥すると爆発することがある。	1）一般に、熱分解による酸素の発生あるいは可燃物の燃焼を抑えるため、水、泡による冷却消火が有効である。 2）アルカリ金属の酸化物の場合は、注水は厳禁で、乾燥砂などによる窒息消火を行なう。
第２類	1）加熱、酸化剤との接触、衝撃をさけ、冷所に保存する。 2）金属粉、硫化リン等は防湿に注意し、容器は密閉する。	1）ほとんどは、注水による冷却消火が適している。 2）金属粉は、乾燥砂などによる窒息消火を行なうか、あるいは金属火災用の粉末を用いる。
第３類	1）水との接触を避け、貯蔵容器は、破損、腐食に注意し、吸湿しないよう密封し冷所に貯蔵する。 2）金属ナトリウム、金属カリウム等は水（湿気）と激しく反応するので、石油などの保護液の中に貯蔵する。 3）可燃性ガスを発生する可能性のあるものは、火気に近づけない。	1）乾燥砂などによる窒息消火を行なうか、あるいは金属火災用の粉末を用いる。 2）注水は厳禁。 3）燃えている金属ナトリウム、金属カリウムの消火にハロゲン化物消火剤を使用すると爆発の危険がある。
第４類	1）容器の破損、漏洩の防止に留意し、取り扱うときには、可燃性の蒸気の流出に注意する。 2）蒸気は、低所に滞留するので、通気（換気）をよくして十分拡散させる。 3）蒸気の滞留する場所では、火花を発生する機器など、火気を絶対に使用しない。 4）静電気が発生しないよう、また、蓄積しないよう注意する。	1）一般に、水による消火は、危険物が飛散したり、水に浮いて火面を広げたりするので適当でない。 2）泡、粉末、炭酸ガス、霧状の強化液等による窒息消火が行なわれる。 3）研究室で少量の危険物が燃えた場合は、ただちにまわりの可燃物を遠ざけ、ぬれ雑巾で火面を覆うなどの窒息消火が有効である。
第５類	1）火気、加熱、衝撃、摩擦をさけ、通風のよい場所に貯蔵する。 2）自然分解が進んでいるものは、ただちに廃棄する。 3）分解のしやすいものは、安定剤を添加するなど、適宜対策を講じる。	1）一般に、燃焼は爆発物できわめて燃焼速度が遠く、窒息消火は効果がないので、多量の注水による、冷却消火が行なわれる。 2）研究室で少量の危険物が燃えた場合は、ドラフトや戸外に移すなど、燃焼が広がらないように処置する。
第６類	1）水、可燃物との接触を避け、耐酸性容器に密封して貯蔵すること。 2）貯蔵容器としてガラス瓶等が用いられるが、破損による流出に注意する。	1）危険物自体は燃えないので、燃焼物に応じた消火法がとられる。 2）高濃度のものは、水との接触で飛散し被害を増大させる恐れがあるので注意を要する。（注水注意） 3）流出事故の場合は、乾燥砂などで流動を防止しソーダ灰、消石灰などで中和する。

2)類を異にする危険物は、混合接触による災害の発生の危険性が大きく、一部の例外を除き、混載あるいは、同一貯蔵所に貯蔵することはできない。研究室等にあっても、この趣旨に沿った貯蔵を心掛ける。

3) 指定数量以上の危険物の貯蔵、取り扱いは、許可を受けた一定の施設において、政令に定める技術上の基準に従って行われなければならない（消防法第 10 条第 1 項）。

11.3　危険物の保管と取り扱い

保管場所・保管容器：危険物の保管について一般的な事項をまとめる。詳細は各実験室の教員・指導者の指示に従うこと。

- 危険物は購入前に性状や危険性・爆発性等を十分に調べ、購入→貯蔵→使用→廃棄の一連の作業について周到な計画を立てる。必要以上の危険物は購入しない。貯蔵・保管量は必要最低限に抑える。

- 直射日光の当たらない冷暗所に貯蔵する。引火性の危険物を火気のある部屋に貯蔵しない。
- 貯蔵・保管は認められている量以下に抑えること。関連法規を遵守すること。
- 危険物は混触発火を避けるため、類別に保管すること。それぞれの薬品はラベルにより内容物を明示する。
- 地震での容器の破損に備え、特にガラス瓶を容器とする薬品は転倒防止、破損防止、漏洩防止を施すこと。特に床置きのガロン瓶は蹴って壊れることがあるので運搬用の段ボール箱の上半分を切り、その中に入れておくと事故を防げる。

- 多くの危険物には有害性もあるので、盗難防止に留意すること。
- 大量の危険物の保管容器は法律で指定されているものを使用すること。灯油は赤色のポリタンクでよいが、ガソリンは専用の金属缶でなければならない。詳細は指導者に確認すること。
- 危険物保管場所の近傍の使用可能な消火器や設備の置き場を確認しておくこと。見取り図や地図などを掲示すること。近くに適切な消火設備がない場合は設置の手配をすること。
- 危険物の廃棄については、「１６　実験系廃棄物の保管・処理について」を参照のこと。

有機溶剤・溶媒：有機溶剤・溶媒は比較的大量に扱うので、特段の注意を払うこと。

- 低沸点の有機溶剤・溶媒は揮発性が高いので、瓶や缶のふたをしっかり締めること。ふたのパッキンの紛失に注意すること。
- 有機溶剤・溶媒は危険性と同時に有害性（身体への影響や毒性）もあるので、取り扱いには細心の注意を払うこと。揮発性の溶剤・溶媒を扱う場合は、局所排気設備下で作業を行うこと。
- 火災発生時に避難しやすいように、有機溶媒は置き場所を決めておく。また、移動しやすい状態にしておく。小瓶（500 ml）は取っ手のついたカゴやトレイに入れておく。
- 使用しない有機溶剤・有機溶媒はこまめに廃棄する。反応や作業場に放置しない。

燃料：燃料は燃やすことを前提としており、着火源となり得る火元の近傍で使用することが多いので、特に安全な保管と取り扱いが要求される。

- 燃料を使用する内燃機関やボイラーは、着火源となる可能性を常に意識し、装置や火元から十分に離して、可能な限り別室に保管すること。

- 燃料を装置へ入れる時は、原則として装置を停止する（火を落とす）こと。こぼした場合は、ウエス（ぼろ布）などでふき取り、引火の恐れのない場所へ廃棄すること。
- 燃料油の種類によってはウエスに染み込ませた状態で自然発火する場合があるので、十分に注意すること。

潤滑油：潤滑油は比較的燃えにくい。一方、床にこぼした場合は滑りやすくなり危険である。

- 潤滑油はこぼさないこと。こぼした場合は適切な有機溶剤を使ってきれいにふき取ること。ふき取った後は換気をよく行い、有機溶剤・溶媒の危険を避けること。
- 何年間も放置されている古い潤滑油は酸化されて粘性が高くなり、処理しにくくなる。ため込まずに、こまめに廃棄すること。

有機廃液：有機廃液も危険物である。廃液の保管は消防法に従って行わなければならない。有機廃液の廃棄については、「１６　実験系廃棄物の保管・処理について」を参照のこと

- 有機廃液をタンクに入れるときは、混合による発熱や反応が起こらないことを確認すること。
- 有機廃液はタンク内で反応などにより発熱していないことを確認してからふたをし、密封する。
- 有機廃液はタンクごとに内容物を記録し、廃出時に申し送ること。

危険物の容器の廃棄：ガラス瓶、ポリ瓶、金属缶など、危険物の容器は内部に危険物が残っている状態で廃棄してはいけない。廃棄に関する分類については「１６　実験系廃棄物の保管・処理について」を参照されたい。

- 揮発性の低い危険物の容器は、適切な溶剤・溶媒で洗浄し、洗浄溶媒を局所排気設備下で気散させてから廃棄する。廃棄時に密栓してはならない。
- 揮発性の高い溶媒は、局所排気設備下で気散させてから廃棄する。廃棄時に密栓してはならない。
- 最近のスプレー缶は昇圧にプロパンガスを使っている。廃棄前に釘や千枚通しで缶に穴を開けなければならない。その時、火気の傍で作業してはならない。

11.4　危険物漏洩事故の対策

可燃性液体漏洩時の対策：引火防止に最大限の注意を払い、対応すること。

- 火気を止めること。まず、周囲に危険物が洩れ出したことを報告し、周囲の着火源を止めること。室内だけでなく、廊下や屋外周囲にもその旨を報告すること。
- 揮発性の高い有機溶媒などの漏洩では窓を開けて換気に努めること。大量の溶媒をこぼした場合は、窓を開け換気扇を止めて室外へ退避すること。
- 指導者へ連絡すること。すぐに実験指導者に連絡し、指示を受けること。
- ふき取ること。漏洩した可燃物が少量の場合は、ぞうきんやペーパーを用いてふき取る。揮発性の高い危険物の場合はふき取った後で、ぞうきんなどを局所排気設備下で揮発させる。
- 揮発性の低い液体の場合は、ビニール袋などに入れ、ぞうきんやペーパーごと可燃ごみにする。
- 大量の可燃物をこぼした場合は、爆発の危険性がある。周囲の危険物を避難させ、室外退避せよ。このとき周囲（特に上階の研究室）へ、その旨を報告すること。表 11.2.1 に記載の火事発生時、初期消火の準備をすること。

可燃性ガス漏洩時の対策：まず退避すること。可燃性ガスは爆発する可能性がある。

- 元栓を止める努力をすること。
- 窓を開けてから避難すること。このとき着火源となる換気扇は使用しない。
- 水素ガスの場合、濃度が 4%を越えると爆発する。ガス源の容量から対策を考えること。

  目安：天井のある標準的な１スパンの部屋の体積は約 60 ㎥なので、2400L の水素で爆発限界に達する。ここで、水素ガスボンベ（大）１本は 150 気圧×47L＝7000L なので、ガスボンベ約 1/2 で爆発限界になる。同様に 2 スパンで天井のない場合は、爆発限界到達にはボンベ 1 本分の水素が必要である。したがって、水素ガスが少々漏れたくらいで大騒ぎする必要はない。ボンベで半分以上の漏れでは避難する必要がある。
- 都市ガスの場合も水素とほぼ同様であるが、配管により供給されるので、漏洩時には元栓を締めることが重要である。

11.5　有害物質（毒劇物）の安全取り扱い

有害物質とは、人体に対する影響（毒性）を示す物質である。法律上は毒劇物に定義され、表が示されている。しかし、化学物質の毒性はその量や暴露した個人によっても異なるので、程度の差はあるが化学物質は全て有害物質と考える方がよい。化学物質の毒性は LD50 値（経口摂取により半数の個体が死に至る量）で比較される。例えばエタノールは LD50 = 7.2 g/kg であり、体重 60 kg の人で致死量は 430 g である。これはウイスキー約１Ｌ中のエタノールに相当する。

お酒が常に毒ではないように、化学物質の毒性をやたらと恐れる必要はない。適切な保護具を身に着け、適切な取り扱いをすればよい。毒性は物質の性質ではなく、人間の取り扱いによるものである。

11.6　毒物・劇物

調査：化学物質の有害性に関する情報源としては以下のようなものがある。調査後はその調査結果を教員に確認してもらうこと。研究を指導する教員は「生きた」情報を持っている。

1. 毒物及び劇物取締法（条文は http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO303.html）：この法律では毒物を別表１に、劇物を別表 2 に、特定毒物を別表 3 に示してある。毒性と同時にその社会的影響を基準とするため、法規制されていないから毒性が低いとは限らない。
2. MSDS（化学物質安全性データシート http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/ （日本試薬協会）などで入手可能）：販売されている化学物質の危険性や毒性をまとめたもの。詳細なデータを得られるが、工業的な大量使用を前提とするため、そのままでは大学実験室レベルの安全対策へ当てはめられない。PL 法への対応から大げさに書かれたものもある。
3. 瓶の表示・試薬カタログ：試薬の瓶には毒性や危険性に関する情報が記載されている。特に Aldrich 社のカタログは（英語で）その試薬の有害性をより具体的に記載している。
4. 構造式からの類推：まず毒性を疑うための目安を示す。

   ア）遷移金属を含むもの

   イ）ニクトゲン（周期表の窒素の下）、カルコゲン（酸素の下）の元素を含むもの

   ウ）シアノ基を含むもの

エ）炭素数が奇数の有機物

オ）カルボン酸

カ）芳香族、特に環に塩素を含むもの

キ）生理活性物質と類似の構造を持つもの

5. 身体への作用からの予測：薬品への感受性は個人差が大きいので、実際に薬品を使ったときに作用があれば注意が必要である。

ア）身体を壊す（組織破壊・刺激・延焼誘発）触ると痛い、かゆい、目にくる。

イ）代謝を阻害（神経毒・伝達阻害・生理作用阻害）気分が悪い、嫌なにおい、めまい、しびれ、息苦しい。

ウ）情報を狂わせる（アレルギー誘発・発癌・変異源・催奇）甘いにおい、芳香、きれいな色。

購入：化学物質の購入には法的な制限がある。海外のカタログには記載の化合物でも自由には購入できないものがある。以下のような薬品は原則として購入できない。また、普通の毒物や劇物の購入には教員の許可を受けること。

1. 覚せい剤・麻薬、あるいはその原料化合物（図 11.8.1 の構造式参考）
2. 化学兵器、およびその原料
3. 核燃料物質：ウラン、トリウムを含む化合物
4. 放射性物質

登録：購入した化学物質のうち、毒物・劇物に関しては、研究室単位で管理簿を作成し、その使用を記録しなければならない。劇物については試薬瓶単位の管理を、毒物については毎回使用時に重さなどによる管理が必要である。詳細については実験指導者の指示に従うこと。

廃棄：毒物・劇物の空瓶を廃棄するときは、研究室の管理責任者により空になっていることの確認を受け、登録簿に押印を受けること。廃棄に関する分類については「１６　実験系廃棄物の保管・処理について」を参照されたい。

11.7　酸とアルカリ

多くの酸やアルカリは劇物に指定されている。特にアルカリは身体組織を溶かしてしまうため、その取り扱いにおいて十分な注意が必要である。

購入と保管：購入時には指導教員の了承を受けること。保管に関しては毒物に準じる。原則として劇物庫に保管すること。

11.8　有害物質に関する法律

毒物および劇物取締法：同法律の別表 1 には 28 種類、別表 2 には 94 種類、別表 3 には 10 種類の化合物が記載されているが、毒物・劇物の基準はその毒性によって決められている。

表 11.8.1　毒物･劇物の基準

国立医薬品食品衛生研究所の基準

経路	毒物基準	劇物基準
経口	LD50 が 50mg/kg 以下	LD50 が 50mg/kg を超え 300mg/kg 以下
経皮	LD50 が 200mg/kg 以下	LD50 が 200mg/kg を超え 1000mg/kg 以下
吸入（ガス）	LC50 が 500ppm(4hr)以下	LC50 が 500ppm(4hr)を超え 2,500ppm(4hr)以下
吸入（蒸気）	LC50 が 2.0mg/L(4hr)以下	LC50 が 2.0mg/L(4hr)を超え 10mg/L（4hr)以下
吸入（ダスト･ミスト）	LC50 が 0.5mg/L(4hr)以下	LC50 が 0.5mg/L(4hr)を超え 1.0mg/L（4hr)以下
皮膚･粘膜刺激性		硫酸、水酸化ナトリウム、フェノールなどと同等の刺激性を有する

特に新規物質については、指定されていなくても、その実際の毒性に応じた取り扱いをすること。

覚せい剤取締法：同法律では、覚せい剤およびその原料の製造や保持は規制されている。図 11.8.1 の構造式の化合物あるいはその塩は規制の対象となっている。

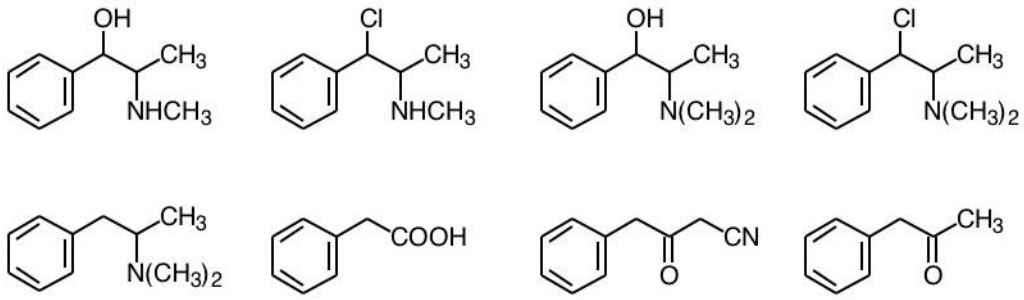


図 11.8.1　覚せい剤取締法の対象物質

化学兵器禁止法：化学兵器（毒ガス）およびその原料となる物質の製造や保持は規制されている。

11.9　薬品による事故例の原因と対処

(1) **[事例]** ドラフトチャンバー内で濃硫酸をメスフラスコに希釈作業中、予想外の発熱に驚き、希釈中の濃硫酸をこぼして、指に熱傷を負った。

[原因] 濃硫酸の希釈熱に驚いた。

[対処] 濃硫酸の性質を SDS で事前に確認し、希釈作業は発熱挙動を見ながら、適切に行う。

(2) **[事例]** 銀鏡反応後、銀回収のための廃液が爆発した。

[原因] 銀鏡反応後の廃液を長く置いておくと、銀とアルカリが反応し、爆発性のアジ化銀（AgN_3，雷銀ともいう）や銀アミド（$AgNH_2$）が生じるため。

[対処] 実験に関する事故例を調査した後に実験を開始する。（硝酸銀の SDS には酸化性があるので、酸化されやすい物質と接触すると反応する可能性があることが示されてい

る。）廃液に塩化ナトリウム水溶液を加え、銀イオンを塩化銀として回収すると安全である。もし貯留する際は、塩酸や硝酸を加えて溶液を酸性にしておくとよい。

１２　金属の安全取り扱いについて

12.1　一般的注意

常温で安定な金属も高温下では容易に激しく反応し、場合によっては爆発的反応を起こす。例えば、アルミニウム、マグネシウム、チタンのような酸化しやすい金属は、酸素、酸化鉄などの存在下で爆発あるいは爆発的に燃焼する。また、低温で無害な金属も、高温下で発生する蒸気は一般に有害であり、特に、水銀、ベリリウム、鉛、カドミウムの蒸気は極めて毒性が高いことが知られている。すなわち、金属の性質、反応、操作について熟知してから実験をしなければならない。安易な取扱いは厳禁である。

12.1.1　取り扱いに注意を要する金属

(1) マグネシウム

①マグネシウムは大気中の炭酸ガスや亜硫酸ガス、湿気と反応し、酸化物、硫化物、水酸化物の皮膜を生じる。

②溶融マグネシウムは大気中の酸素と反応すると閃光を発しながらゆるやかに燃焼し、白色の酸化マグネシウム（MgO）を形成する。

③溶融マグネシウムは、大気中の窒素とも反応し、茶褐色の窒化マグネシウム（Mg_3N_2）を形成する。窒化マグネシウムは水と激しく反応し、高熱を発生する。

④燃焼中のマグネシウムに適度な水がふれると、水を分解し、水素と酸素が発生し爆発を起こしたり、マグネシウムの燃焼を加速させる。

⑤適度の水を含む切りくずや微粉は裸火により容易に着火し、水を分解して水素と酸素を発生し、激しく燃焼する。

⑥加熱された酸化鉄（鉄鍋から発生した酸化スケールなど）に溶湯が触れると激しく反応する。(テルミット反応)

⑦一般の水に対しては安定だが、高温水や塩化物を含む水溶液中では水と反応し、水素ガスを発生しながら水酸化マグネシウム（$Mg(OH)_2$）を形成する。

(2) リチウム

①水に触れると可燃性の水素ガスを発生するため、発火・爆発の危険性がある

②大気中で融点（180.5℃）以上に加熱すると発火する。

③酸化剤、酸と接触すると爆発の危険性がある。

④接触、吸入または飲み込むと、皮膚、眼、呼吸器に重篤な損傷が発生する可能性がある。

12.1.2　取り扱いに注意を要する金属粉末

空気中に固体の可燃性微粒子が浮遊し、その濃度がある範囲内にあるとき、そこに火花などの火源からエネルギーが与えられると、燃焼してしばしば激しい爆発を生じることがある。これを粉じん爆発または粉体爆発という。これは金属の粉末のみならず、石炭の微粉や小麦粉、砂糖、プラスチック粉でも起こることがある。爆発防止のためには、粉じんが発生しないようにすることはもちろんであるが、できた粉じんはできる限り空気中に浮揚しないように、集じん除去することである。なお、浮遊粉じん中に不燃性微粉を混入浮遊させて爆発を抑えることもできる。

12.2　金属溶解・鋳造作業

12.2.1　金属溶解作業

金属溶解作業は高温下で行われる。誤った操作は爆発・火災、ガス中毒、やけどの原因となる。十分に注意して作業すること。

合金を溶解する場合、どのような順序で混合溶解するかは金属の組み合わせによって異なる。順序を間違えると爆発することがある。また、溶解作業は還元性雰囲気で行うことが多い。溶剤として用いる塩素やフッ素系のフラックスの蒸気も有毒である。

［溶解作業前の注意］

a．床面は濡れていないか確認する。溶湯を取りこぼすと爆発事故につながる危険性がある。

b．周囲にベンジン、アルコールなどの引火物、可燃物、爆発性の薬品はないか確認する。

c．実験室の排気装置や溶解炉の換気装置は正常に作動しているか確認する。

d．有毒を持つ金属や、環境汚染につながる金属ではないことを確認する。

e．消火器や消火剤は準備してあることを確認する。マグネシウムなどの金属火災の場合、水をかけると危険なため、防火用の乾燥砂を用意すること。

f．溶解炉や関連機器の配線、配管に異常がないことを確認する。

g．溶解炉の温度測定プローブ（熱電対）は正常に作動するか確認する。

h．ルツボにひび割れや過度の消耗がないか確認する。

i．溶解する金属に対して、るつぼの種類やサイズは適当か確認する。

j．防熱衣、革手袋、保護めがね、ヘルメット、マスクなどの保護用具があることを確認する。

k．溶解炉から取り出したるつぼを置く場所は確保されているか。人が誤って触れる危険性がないことを確認する。

l．火災、有毒ガス、傷害などが発生した際の対応方法について確認する。（消火方法、連絡方法、避難方法、救急措置）

［溶解作業中の注意］

a．温度測定プローブに力が加わるような無理な試料の出し入れはしないこと。

b．急激な加熱は電気炉やるつぼの破損原因となるので注意すること。

c．ひしゃくやはしなどの工具は必ず熱してから使用すること。溶湯に触れて爆発する原因となることがある。

d．溶解炉の温度は規定温度を超えて昇温しない。炉壁が溶解する危険性がある。

e．電気炉の場合は規定電流を超えて使用しない。

f．誘導電流加熱炉は、金属の種類に応じた適正な電流周波数があることを理解しておくこと。

g．炉内の監視には必ず保護めがねを用いること。

12.2.2　金属鋳造作業

鋳造作業上のミスはしばしば大爆発事故の原因となっている。特に極微量の水分の存在が大事故につながる場合が多いため留意すること。

［一般的注意］

a．上着、ズボン、靴、手袋等はきちんとしたものを着用すること。

b．作業中の換気に注意すること。

c．水打ちの際、水蒸気にあおられないように注意すること。

d．工具類、炉の周辺通路を整頓し、事故防止に努めること。

e．“るつぼ”は急激に加熱すると割れる恐れがある。かすとり棒は炉の余熱で水分を除去して使うこと。

f．注湯の際、湯漏れが発生したときは、湯の流れの方向に注意し、足の位置を安全な場所に移動させること。

［造型作業中の注意］

a．砂処理機械、混練機は始動時に砂だまり等を点検すること。

b．アルコール系塗型剤に点火するときは、棒の先などに火をつけて行うこと。

c．鋳型の乾燥、ガス抜きを完全に行うこと。不十分な場合は爆発の危険性がある。

［注湯作業中の注意］

a．型が十分に乾燥していることを確認する。金型を用いる場合は必ず150℃以上に加熱しておくこと。

b．注湯作業は十分に乾燥した砂地で行うこと。溶湯が濡れた砂地にやコンクリートの床に接触すると爆発する。

c．とりべや湯くみも十分に乾燥させておくこと。

d．とりべに受ける溶湯の量は8分目とすること。

e．るつぼを持つ場合は、るつぼの片壁だけをつまんで持ち上げないこと。必ずるつぼの両側面からはさみ込むこと。

f．溶湯の運搬中に湯漏れ等の事故が発生した際は、あわててとりべを投げ出さないこと。

g．冷えた金属棒や、濡れた木片で酸化皮膜除去をしてはならない。

h．注湯中、湯口や押し湯の上に顔を出さないこと。

i．使い終わった湯くみを直接床に置かないこと。

j．鋳物は十分に冷えているか確認してから触れること。

12.3　金属溶解・鋳造作業における事故例の原因と対処

⑴　**[事例]**金属を溶解中、煙が出て、火災報知器が鳴った。

[原因]溶解する金属素材の表面を洗浄・脱脂しなかったため。

[対処]アルコールにて金属素材をきちんと脱脂することを徹底する。

⑵　**[事例]**はしで溶湯表面の酸化皮膜を除去しているとき、溶湯がはねて天井を焦がした。

[原因]はしを加熱して表面に付着した水分を除去せずに、溶湯に挿入したため。

[対処]溶湯に接触するはし等の用具の加熱水分除去を徹底する。

⑶　**[事例]**マグネシウムの溶湯が燃えた。

[原因]六フッ化硫黄と二酸化炭素の混合ガスなどの保護ガスを使用せず、マグネシウムを溶解した

ため。

[**対処**]保護ガスの使用やその方法を徹底する。

⑷ [**事例**]るつぼを床に置いて、床を焦がした。

[**原因**]高温のるつぼを耐火レンガなどではなく、直接床に置いてしまったため。

[**対処**]高温のるつぼや鋳型などは必ず耐火物や金属板の上に置くことを徹底する。

⑸ [**事例**]金属溶解中にるつぼが割れた。

[**原因**]溶解前に、るつぼの割れや欠けなどを確認しなかったため。

[**対処**]るつぼのクラックの状況は常にチェックすると共に、使用回数や時間を記録することを徹底する。

⑹ [**事例**]高温の鋳物に触れてやけどをした。

[**原因**]鋳物が高温であることを表示していなかったため。

[**対処**]高温の鋳物やるつぼ、鋳型などを冷却する際は、高温であることを表示して注意を喚起する。また、それらは人が作業や通行する場所には置かないようにする。

１３　ガラスの安全取り扱いについて

化学物質を扱う実験では、ガラス器具はとても便利で頻繁に使用する。それは(1)誰にでも簡単に扱える、(2)透明で中で起こっていることが観察しやすい、(3)研究室で一般的に使われる薬品類に対して強い（薬品耐性がある）、(4)低温や数 100℃程度の温度でも変形せず使える、ためである。しかし、慎重な取り扱いを怠ると、ガラス器具は衝撃に弱いので、すぐに割れてしまう。割れた後のガラスの破損部分や破片は切れやすいため、想像以上にとても危険である。要するに、ガラス器具は研究室でよく使われる馴染み深い器具だが、割れやすくケガをしやすい器具（ほとんどの場合、切傷）でもある。常日頃からガラスの取り扱いには十分注意すること。

13.1　実験開始前のチェック

ガラス器具は使用前によく点検し、傷やヒビ、一部が割れているものは使わない。ヒビが入っているガラス器具は非常に割れやすくなっている。特に、加熱や減圧、加圧をするときには入念に調べてから使用すること。また、ガラス器具で破損している箇所はナイフのように切れやすくなっているので、取り扱いに注意すること。

13.2　やってはいけないこと

そもそもやってはいけないこと

- ガラス器具は片手で運んだり、取り扱ったりしない。（ガラス器具は必ず両手で持つよう心がける。片手で十分なときも、もう一方の手はガラス器具が手から滑り落ちないように軽く添えるようにする。どうしても片手で取り扱わなければならないときは、落下に備えて、できる限りガラス器具は実験台の床面の近くで扱うこと。）
- ガラス器具はよそ見をして運んだり、取り扱ったりしない。（集中力がなくなったときはガラス器具を割りやすくなる。）
- ガラス器具は 2 つ以上持って運んだり、取り扱ったりしない。（複数のガラス器具を運ばないといけないときは、トレイやかごの中に入れて運ぶこと。）

ケガをしないために

- ガラスの破片が眼に入ることが最も恐ろしいので、実験中は必ず保護メガネを着用する。
- ガラス器具を用いて実験するときは，空間的な余裕を持つようにする。（実験台が散らかった状態で実験を行なうと、どうしても手狭になり、動きが制限されて、ガラス器具を割りやすくなる。実験台は常に整理整頓して使うこと。）
- ガラス器具を用いて実験するときは時間的な余裕を持つようにする。（実験計画が不十分であったり、イメージトレーニングを怠ると、無駄な動きが増えたり、慌てたりし、ガラスを割りやすくなる。）
- ガラス器具は濡れているときは滑りやすいので、洗浄のとき、特に洗剤を用いて洗浄しているときには気を付ける。
- 圧力が均一にかからない三角フラスコは減圧に弱いので、減圧実験に用いてはいけない。
- ガラス器具は濃厚なアルカリで使用すると溶出するので、強アルカリ性条件下での使用は避けるべきである。

- 不安定な状態でガラス器具を放置しない。必ず、重心が最も低くなるようにガラス器具は置くべきである。（ナス型フラスコや試験管のクチの部分を地面につけて置くと、ちょっとした衝撃で倒れてしまい、破損の原因となる。これらのガラス器具は横倒しにして実験台の奥の方に置くこと。）
- 吸引瓶、洗瓶など肉厚の容器は、急激な加温で破損するので注意する。
- ガラス器具にスターラーバーなどの固形物を入れるときは、落下の衝撃で底を割らないように容器を傾けて固形物を滑らせるようにして入れる。
- ガラス器具の落下を防ぐため、実験台の手前から 10 ㎝奥でガラス器具を取り扱う。
- 細長いガラス器具（ピペット、ガラス管、温度計など）は折れやすいので注意する。（折れると鋭い切り口が手に刺さり負傷する。これらのものをゴム栓などに差し込む時は左右の親指の間隔は狭いほどよい。さらにタオルなどで手を保護しておけば万一の場合にもケガをしにくい。）
- 加熱したガラスは見た目では温度がわかりにくいので触れて火傷しないよう注意する。
- 急激な温度変化により破損する（破片が飛び散る）場合があるので加熱や冷却の際は注意する。

13.3　壊したとき（心構えと後片付け）

ガラス器具は割らないことが一番ではあるが、ガラスは割れ物であり、いつか必ず割れるものである。どんなに注意深い研究者でも、一度はガラス器具を割った経験があるはずで、ガラス器具は「ケガをしてはじめて上手に取り扱えるようになる。」とも言われているほどである。とにかくガラス器具を割った場合は、それ以上被害を増やさないようにすることが大事である。

ガラス器具が割れたら

- 慌てず、騒がない。（ほとんどの場合、ガラス器具の破損は落下によるものである。派手な音がするが、その時、不必要に慌てふためくと、付近の別のガラス器具や薬品等を倒してしまうこともあり得る。また、不必要に大騒ぎすると、付近の別の実験者を驚かせ、手元を狂わせてしまうこともある。これらのような二次被害が起こらないように、割った本人は平静さを保つよう普段から心がけること。）
- もしガラス器具の中に毒物および劇物の内容物が入っていた場合、その処理を最優先する。
- ガラス器具が割れたことを周囲に知らせる。（たいていの場合、ガラスが割れると、派手な音がするので周囲は気づく。しかし、中には気づかず破損場所に近づいてくる人もいる。知らずにガラスの破損物や破片に触ると危険なので、念のためどんな種類のガラス器具が割れたか、声に出して周囲の人に知らせたほうが良い。）
- ガラスの破損物や破片をむやみに素手で触らない。どうしても取り扱う場合はピンセットを使う。（破損したガラスの切り口はナイフのようによく切れる。また不用意に破片に触れると、運の悪い場合、破片が血管中に入る可能性もある。破片が大きくても決して素手では触らない。）
- ほうきとちり取りでガラスの破損物や破片を丁寧に回収する。素手では絶対に触らない。（ガラスが割れたときは、予想以上にその破片は遠くまで飛び散っている。取りこぼしのないように広い範囲で破片が落ちていないか確認すること。）

割れたときにケガ（切り傷）をしたら

- 傷口からガラスの破片を取り除き、水道水で洗浄し、消毒する。その後、バンドエイド、ガーゼで

止血する。

- ガラスの破片が残っていないことを再確認する。
- 大きなケガの場合、素人の対応は困難である。まず止血の応急処置をして、すぐに病院に搬送する。けがの応急処置と止血に関しては、「４　傷病への応急処置について」を参照のこと。

13.4　廃棄処理

破損したガラス器具を廃棄する時は、そのまま廃棄しない。その使用用途により処理の仕方が異なるので、取り扱いがわからない場合は必ず指導教員に相談すること。

- 化学物質を使用した器具：水、有機溶剤などで２回以上洗浄し、器具に付着している残留物を洗い取って廃棄する。洗浄廃液は適切な廃液タンクに貯留する。
- 有害菌類を使用した器具：有害菌類の培養などに使用したシャーレ、ビーカーなどのガラス器具、注射器などは滅菌処理した後に廃棄する。
- その他：分別回収に従い、ガラス専用ゴミ箱に捨てる。

13.5　参考図書

以下の本はいずれも化学実験の基本的操作が初心者にもわかりやすく書いてある。

(1) イラストで見る 化学実験の基礎知識 第2版、飯田 隆 他編、丸善（2004年3月）
(2) 第5版 実験化学講座1 −基礎編Ⅰ　実験・情報の基礎−（2 実験例に付随する基本操作, 2.1 実験器具の取り扱い, 2.1.1 ガラス器具の取り扱い）、pp109-117、日本化学会編、丸善（2003年9月）
(3) 第7版 実験を安全に行なうために（化学同人編集部編、化学同人（2006年3月）
(4) 第3版 続実験を安全に行なうために（化学同人編集部編、化学同人（2007年2月）
(5) 化学系実験の基礎と心得、頼実 正弘編、倍風館（1977年5月）
(6) 化学実験の安全指針 改訂４版、日本化学会編、丸善

13.6　ガラスによる事故例の原因と対処

(1) **[事例]** ガラス製ホールピペットに安全ピペッターを取り付ける際、過剰に力を加えたためにホールピペットが折れ、破損した部分が左手に刺さった。
[原因] ガラス製ホールピペットに過剰な力を加えたため。
[対処] ガラス製ホールピペットをピペッター差し込む時は、左右の親指の間隔は狭いほどよい。さらにタオルなどで手を保護しておけば万一の場合にもケガをしにくい。

(2) **[事例]** HPLC 用の溶媒 1.5L を超音波洗浄器内で減圧脱気中、2.0L ガラス製三角フラスコが割れ、溶媒とガラスが周辺に飛び散りけが人がでた。
[原因] 三角フラスコを減圧したため圧壊した。
[対処] 三角フラスコは減圧に弱いので、減圧実験に用いてはならない。

１４　レーザの安全取り扱いについて

14.1　一般的注意

① クラス 3R 以上のレーザ機器の使用には保護メガネを使用する（図 14.1.1）。クラスの低い機器であってもレーザ光線を直接のぞき込んだり、反射した光線を直視したりしてはならない。

② レーザ機器本体および電源は感電や電気火事の危険があるので、扱いは十分に注意する（図 14.1.2）。励起用ランプの取り替えの際は、必ずブレーカで電源を遮断し、他人に電源を操作させない。

③ クラス 3R 以上のレーザ機器使用施設では白衣や作業着等を着用し、引火性物質を放置しない（図 14.1.3）。

図 14.1.1　保護メガネ

図 14.1.2　標識

図 14.1.3　レーザによる発火

14.2　レーザの仕組みと分類

レーザ光は特定の物質に人工的に強いエネルギーを与えて励起させ、それが元の状態に戻るときに発生する電磁波を誘導放射の過程により増幅させたもので、180 nm～1 mm の波長域にあり、ほとんどの単一波長で位相の揃った指向性の高い単一色の光線が発生する。

照明光線は、進行方向が同じでないためレンズを介しても 1 点に集まらず面を照射するが、レーザ光は進行方向や位相が揃っているため、1 点を照射することができる。レーザ光が眼底に到達したときの集光量は照明光の 10 万倍にもなる。そのため、人体に対して大きなダメージを与える場合がある。その最も危険な場合が眼に対する傷害である（図 14.2.1）。

このため、レーザ光線の強度と目の障害の危険性の程度に応じて、レーザ機器は表 14.2.2 に示すように、クラス 1（影響のないもの）からクラス 4（極めて危険性の高いもの）まで分類されている。使用する機器がどのクラスに属するかを予め確認の上、装置の正しい操作、管理を行う必要がある。

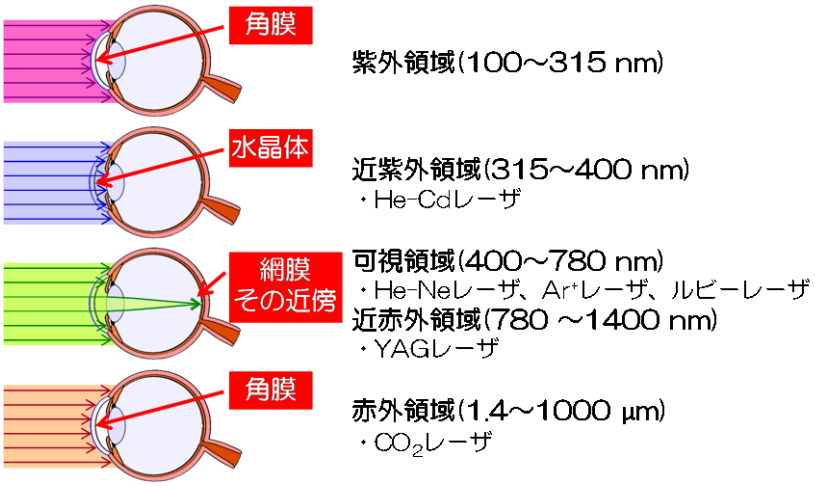


図 14.2.1　レーザの眼への影響

表 14.2.1　レーザのクラス分類とその特性

クラス	特　　性	長時間観察		短時間観察		散乱反射	皮膚露光
		光学器具	裸眼	光学器具	裸眼		
1	設計上本質的に安全（組込型レーザ製品もクラス 1 に分類されることがある）。	○	○	○	○	○	○
1M	低出力（302.5～4,000 nm の波長）。 ビーム内観察状態も含め、一定条件の下では安全である。ビーム内で光学的手段を用いて観察すると危険となる場合がある。	×	○	×	○	○	○
2	可視光で低出力（400～700 nm の波長）。 直接ビーム内観察状態も含め、通常目の嫌悪反応によって目の保護がなされる。	×	×	○	○	○	○
2M	可視光で低出力（400～700 nm の波長）。 通常目の嫌悪反応によって目の保護がなされる。ビーム内で光学的手段を用いて観察すると、危険となる場合がある。	×	×	×	○	○	○
3R	可視光ではクラス 2 の 5 倍以下（400～700 nm の波長）、可視光以外ではクラス 1 の 5 倍以下（302.5 nm 以上の波長）の出力。直接ビーム内観察状態では、危険となる場合がある。	×	×	△	△	○	○
3B	0.5 W 以下の出力。直接ビーム内観察をすると危険である。 ただし拡散反射による焦点を結ばないパルスレーザ放射の観察は危険ではなく、ある条件下では安全に観察できる。	×	×	×	×	△	△
4	高出力。危険な拡散反射を生じる可能性がある。 これらは皮膚障害をもたらし、また、火災を発生させる危険がある。	×	×	×	×	×	×

JIS C6082(2005)/IEC68825-1(2001)

14.3　危険性への対策

レーザ光線が目に入射すると、障害を引き起こす可能性が高い。また、レーザ機器は高出力のため、火やガスが発生することもある。このために、以下に示す事項に注意して作業することが必要である。

① 電源作動時は光軸調整中に突然レーザが発振することがあるので、レーザ光線の光路に目の位置が重ならないように注意する。

② 瞳孔を不必要に開かせないため、できるだけ明るい照明の下でレーザ機器を使用することが望ましい。

③ 高反射率の物体でレーザ光線を遮らない。したがって、レーザ光の調整時には表面反射を起こす危険性がある腕時計は外す。

④ 目に見えない赤外や紫外波長のレーザを使用する際は、光線経路を予め予想するとともに、赤外線ビュアー、蛍光板等で反射光や拡散光の様子を確認する。周囲の人間の動きにも注意し警告を怠らない。特に可視光線以外やパルスレーザは、まぶたを閉じる防御反応が起きないため、目への入射に一層の注意が必要である。

⑤ レーザ光線には目に見えない種類もあるので、不用意に保護メガネを外したり、体の一部でレーザ

を遮ったりすることがないように注意する。保護メガネを着用してもレーザ光線を完全に遮断することはできないので直視することは極めて危険である。保護メガネは、使用機器、環境の整備および安全教育が十分行われた後で、安全のために使用するものである。

⑥ パルス YAG レーザ光には、メインビームとは違う方向に 1%程度出てくる副次的ビームがあり、これを吸収体に入射させて除去する対策がとられている。しかし、メインビームの強度測定等で吸収体を移動させる場合に備えて、ビーム球体の背後に遮光板を設け、実験者の方向に向かうビームが遮断されるように十分な安全対策が必要である。

⑦ パルスレーザ結晶の冷却剤として使われる液体窒素等の液化ガスは、酸素欠乏症等の原因となることがあるため、窒息防止対策、凍傷防止の手袋、保護メガネ着用等の安全対策措置を行う。

⑧ ビームオン状態でビーム系自体を変更操作するときは必ず保護メガネを着用する。ビーム経路変更後は赤外線ビュアー等でビーム方向および散乱光の方向・状態を調べ、安全であることを確認する。

⑨ 高圧線源を使用しているので、電線、接続器具、キャビネット、スイッチを整理しておく。レーザを装置から外したときでも、コンデンサに電荷が蓄えられていることがあるので、コンデンサが完全に放電してから装置を離れる。

⑩ 紫外波長のレーザ光線を使用する際には、オゾンその他の有毒ガスの発生に注意する。また、有毒ガスを使用するエキシマレーザ等の取り扱いに注意し、発生した有毒ガスの排気を行う。

⑪ クラス 3R 以上のレーザ機器を運転する場合には、レーザの安全や傷害について十分な知識を持った管理者、または管理者の許可する者のみがその作業に従事する。

14.4　レーザ機器の安全管理

使用開始前には機器のクラスに準じた措置を行う。特に、出力の大きいクラス 3R、3B、4 のレーザ機器を取り扱う際の管理事項を以下に示す。

14.4.1　レーザ機器管理者

装置を設置する研究室毎に、装置に関する十分な知識と経験を有する教職員の中からレーザ機器管理者を選任し、以下の事項を行う。

① レーザ管理区域の設定および管理
② レーザ装置を作動させるためのキー等の管理
③ レーザ装置の点検・整備およびそれらの記録の保存
④ 保護具の点検・整備およびその使用状況の監視
⑤ 実験作業基準書の作成および安全衛生教育の実施ならびにその記録の保存
⑥ レーザ装置による使用者（教職員および学生等）の健康障害を防止するために必要な事項
⑦ その他、装置の使用に関する必要な事項

14.4.2　管理区域

レーザ機器から発生するレーザ光にさらされる恐れのある区域を管理区域として設定する。ただし、インターロックを有し、レーザ光線が全く装置の外に露出しない装置については、装置内部を管理区域とし、保護メガネを着用しなくてもよい。

① 管理区域を囲い等により他の区域と区画し、標識等によって明示する。

② 管理区域は関係者以外の者の立ち入りを禁じ、その出入り口には標識によって明示する。
③ 関係者以外の者が管理区域に立ち入る必要が生じた場合は、レーザ機器管理者の指揮の下に行動させる。

14.5 関連法規

労働安全衛生法の適用を受ける。レーザ使用者に対する安全に関する詳細規定として、厚生労働省通達 基発0325002号（2005.3.25）「レーザ光線による傷害の防止対策について」がある。また、レーザ製品の安全基準として、日本工業規格JIS C 6802:2005「レーザ製品の安全基準」がある。これに関連して、消費生活用製品安全法がある。

14.6 レーザによる事故例の原因と対処

(1) **[事例]** YAG レーザ（繰り返しパルス波、平均出力 3～4 W）を用いた実験において、レーザ光線の光路のミラーを調整中に手が滑ってミラーの方向が実験者の眼の方向に向き、レーザ光線が眼に入った。黄斑部に直径 1 mm 以上の損傷が生じ、視力が 1.5 から 0.06 に低下した（同様の事故例多数）。

[原因] 保護メガネを着用していなかった。

[対処] クラス 3R以上のレーザを使用する際には、レーザ波長、出力に適合した保護メガネを着用する。レーザによる眼の損傷事例は YAG レーザでの事故が圧倒的に多いことにも留意する。

(2) **[事例]** CO_2 レーザ（出力 50 W）を用いた実験において、レーザ光線の光路のミラーを調整中に焦げる臭いに気がついたら、実験者の作業服が燃えていた。

[原因] ミラーによる反射レーザが作業服に照射されていた。

[対処] 光路調整等の際には、レーザ光線が意図しない方向に照射されることに十分に留意する。レーザによる火災関連の事故は CO_2 レーザによるものが非常に多いことにも留意する。また、レーザ光路付近に可燃物等を放置することは大変危険である。

１５　X 線・放射線の安全取り扱いについて

15.1　一般的注意

X線や放射線は多くの分析装置に利用されており、研究、教育に広く活用されている。放射線の過剰な被ばくは人体に深刻な健康障害を及ぼすため、X線や放射線を利用した分析装置等を取り扱う場合は十分な注意が必要である。取り扱いや管理の方法、教育訓練については、法令等で細かく定められており、特に教育訓練は重要で取り扱い開始前の受講が重要である。放射線業務に従事しようとする学生および教職員は、工学部安全委員会の指示にしたがって所定の手続きを行う必要がある。

15.2　放射線が人体に及ぼす影響

放射線が身体に当たると、直接あるいは電離によって人体を構成する分子が変化し、これが放射線影響の出発点になる。このような変化の中でも、活性酸素ができる変化は健康への影響として重要である。

事故などで多量の放射線をあびたとき、その放射線被曝量は日常の生活の中であびているような量に比べ桁違いに大きい。そのような多量の放射線をあびると、身体には様々な障害が発生する（表 15.2.1、表 15.2.2）。

表 15.2.1　原爆被爆者データから推定された過剰相対リスク

死因	1 Gy あたりの過剰相対リスク* () の中は 95%信頼区間
総固形がん	0.47 (0.38, 0.56)
食道	0.51 (0.11, 1.06)
胃	0.28 (0.14, 0.42)
結腸	0.54 (0.23, 0.93)
肝	0.36 (0.18, 0.58)
胆嚢	0.45 (0.10, 0.90)
肺	0.63 (0.42, 0.88)
乳房	1.60 (0.99, 2.37)
膀胱	1.12 (0.33, 2.26)
卵巣	0.79 (0.07, 1.86)

*過剰リスク(ERR)は線型モデルに基づき、市、性、被爆時年齢、到達年齢で調整してある。

Ozasa et al. Radiat. Res. 229-243 (2012)

（独）放射線医学総合研究所「医学教育における被ばく医療関係の教育・学習のための参考資料　平成 24 年 4 月」

表 15.2.2　全身γ線被ばく後の成人の臓器および組織にかかわる罹病の 1%発生率と死亡に対する急性吸収線量のしきい値の予測推定値

	影響	臓器／組織	影響の発現時間	吸収線量(Gy)（1%発生率）
罹病	一時的不妊	睾丸	3~9 週間	~0.1[a, b)]
	永久不妊	睾丸	3 週間	~6[a, b)]
		卵巣	<1 週間	~3[a, b)]
	造血系の機能低下	骨髄	3~7 日	~0.5[a, b)]
	皮膚発赤の主要期	皮膚(広い区域)	1~4 週間	<3~6[b)]
	皮膚の火傷	皮膚(広い区域)	2~3 週間	5~10[b)]
	一時的脱毛	皮膚	2~3 週間	4[b)]
	白内障（視力低下）	眼	数年	1.5[a, c)]
死亡	骨髄症候群			
	治療しない場合	骨髄	30~60 日	~1[b)]
	手厚い治療を行った場合	骨髄	30~60 日	2~3[b, d)]
	胃腸管症候群			
	治療しない場合	小腸	6~9 日	~6[d)]
	手厚い治療を行った場合	小腸	6~9 日	>6[b, c, d)]
	間質性肺炎	肺	1~7 ヶ月	6[b, c, d)]

a) ICRP (1984)
b) UNSCEAR (1988)
c) Edwards and LIoyd (1996)
d) Scott and Hahn (1989), Scott (1993)
e) ほとんどの数値は四捨五入して Gy にまるめられている。範囲は、皮膚については面積依存性が、骨髄については補助的治療があることを示している。

ICRP「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」日本アイソトープ協会　2009
（独）放射線医学総合研究所「医学教育における被ばく医療関係の教育・学習のための参考資料　平成 24 年 4 月」

15.3　放射線管理区域

実効線量（被ばく量）が 3 月間（13 週間）で 1.3 mSv を超えるおそれのある区域は、「放射線管理区域」を標識（図 15.3.1）で明示して、用事がない者を立ち入らせず、定められた注意事項を掲示する必要がある（電離放射線障害防止規則 3 条)。ただし、厚生労働省労働基準局長名の基発第 253 号（平成 13 年 3 月 30 日）「労働安全衛生規則及び電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令の施行等について」の第 3 細部事項 3 第 3 条関係 (6) を満たす装置については、その管理区域は装置内部のみとすることができる。しかし、この場合においても、標識の明示および作業従事者への電離放射線障害防止規則第 6 章の二で規定されている特別教育の実施は必要である。

図 15.3.1　放射線管理区域を示す標識の例（カラーは 99 ページの口絵を参照）

15.4　X 線

X線回折装置、電子顕微鏡等のX線を発生する装置およびX線の発生を伴う装置から出るX線も人体に対して放射線障害の危険性を持っている。これらの使用等においては、労働安全衛生法ならびに電離放射線障害防止規則を遵守しなければならない。

15.4.1　X 線の管理

X線は 0.01～100 Å の波長をもつ電磁波で、物質をイオン化させる電離作用を持つため人体に有害であり、その扱いにおいては、被ばくを避けるように細心の注意を払うことが必要である。高エネルギーの電子線を対陰極金属に照射してX線を発生させる。通常のX線管では、発生するX線のスペクトルは、加速電圧（管電圧）を最高エネルギーとし、平均エネルギーがおよそその 1/3 程度の制動放射の連続的なスペクトルと、対陰極金属固有の特性X線とが重なったスペクトルになる。これを更に分光する場合もあるが、最高エネルギーはたかだか 100 kV 程度であり、放射線としての遮蔽が比較的容易である。しかし、強度が強いため、隙間などからの漏洩や散乱の影響を考慮して慎重に遮蔽する必要がある。また、電子が照射されている間だけX線が発生するので、市販の装置では、扉などの各種遮蔽や安全機構と連動したインターロックがついており、使用者の被ばくを避けるようにもなっている。電子顕微鏡などには電子線の加速電圧が高いものがあり、発生するX線のエネルギーもそれに伴って高くなるので、強度はさほどではないものの、やはり遮蔽や漏洩に気をつけなければならない。このため、X線の使用方法および装置の機構を熟知した上で実験を行わなければならない。

15.4.2　X 線発生装置

通常のX線装置では、X線管球と回折光路にはコネクターを挿入し隙間ができないように工夫されている。しかし密着が不良の場合、隙間から散乱によって漏れてくるX線を無視できないことがある。このため、厚さ 0.5～1 mm の厚さの鉛板で管球周囲を遮蔽する。空気による散乱X線を防ぐため、装置全体は通常の金属を含む開閉可能なプラスチック板で囲んである。これに加え、装置構成各部分にX線の被ばくを防止するための安全装置が取り付けてあり、使用者は、あらかじめその機構を熟知しておくことが必要である。また、それら各部品を不注意に外したり変更を加えたりしてはならない。

通常のX線管球にかける高電圧電源は～60 kV、～40 mA 程度の直流電源である。この高圧電源触れると非常に危険であるため、X線管球の交換および装置の保守点検は、電源を切り、高電圧の電荷を十分に放電させた後に行う。

15.4.3　X 線装置の使用

通常の測定時には、X線被爆のおそれは非常に少ないが、不用意な取り扱いにより思わぬ被爆をするおそれがあり、十分に注意しなければならない。

15.5　関連法規

X線・放射線は下記の法規の適用を受ける。

- 電離放射線障害防止規則
- 労働安全衛生法

放射性物質の取り扱いに関しては下記の法規の適用を受ける。

・放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律
・核燃料物質、核燃料物質及び原子炉の規則に関する法律
・核燃料物質の使用等に関する規則
・国際規則物資の使用等に関する規則

15.6　X線・放射線による事故例の原因と対処

(1) **[事例]** 電子部品メーカーにおいて、X線を用いた部品検査を行っていた作業者 3 名の右手にやけどの症状が現れた。病院において放射線火傷の診断を受け、入院して治療を行った。

[原因] 装置のインターロック（安全装置）の解除による放射線被ばく。上記の検査装置は、装置の扉内部に検査部品を入れ、扉を閉めてX線を照射する装置で、扉が開いたままではX線が照射されないようなインターロックが設置されていた。しかし、作業効率を上げるためにインターロックを解除し、扉を開けたままの状態でX線照射による部品検査を行っていたため、被ばくした。

[対処] 装置に設置されているインターロックを解除した状態での作業は絶対に行わない。

(2) **[事例]** 大学において、出所不明の放射性廃棄物と思われるものを収納したステンレス缶を物理実験室（管理区域外）に保管していたことが判明した。缶の置かれていた実験室には汚染はなかった。

[原因] 昭和 20 年代に使われていたストロンチウム-90 とセシウム-137 と考えられる放射性物質で汚染された廃棄物がステンレス缶に収納され、不適切な保管が行われていた。

[対処] ステンレス缶を管理区域内に収容し、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」に基づいて報告および届出を行った（2001 年）。

１６　実験系廃棄物の保管・処理について

16.1　廃棄物処理の原則

実験からは多種多様な廃棄物が生じている。この廃棄物の処理については、環境保全の面から、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」などの関連法規を遵守することはもちろん、大学には社会的な責任があることを自覚する必要がある。研究者は、自身の行っている実験で排出したものが有害であるかどうかを最も知り得る立場にあり、適切な回収行動をとることが求められる。また、大学から排出する排水には、「水質汚濁防止法」や「下水道法」による規制が設けられていることから、実験廃液を確実に回収することが必要である。

16.2　実験廃棄物の取り扱いと処理

産業廃棄物、特別管理産業廃棄物

- 廃油、廃酸、廃アルカリ、有機溶媒などの廃液は、あらかじめ専用の保管容器（転倒により内容物が流出しない 20L のポリ容器）を準備して回収する。
- 実験、研究から生じる疑似感染性物質および動物の死体は、感染性産業廃棄物として扱う。感染性産業廃棄物は、あらかじめ感染性産業廃棄物専用容器を準備して回収する。なお、動物の死体は処理業者に処理を委託するまでの間、凍結保存する。
- 汚泥などは、その性状に応じて適切な保管容器を準備して回収する。
- 回収した廃液などの保管容器には、内容物の名称とその混入比率を表示する。(例:メタノール 10%、硫酸水銀 0.001%、水 89.999%)。
- 廃液を研究室から搬出したい場合には、廃液等処理依頼の用紙に必要事項を記入し、業務課教材係に処理を申し込む。申請が受理されたら、鍵を受け取り、保管容器を以下の指定保管場所に搬入する。さらに廃液処理費用の支出する費目を購入依頼書で指定し、事務に提出する。
- (1)片柳研究所棟 W 棟側地下 1 階の「産業廃棄物保管場所」「特別管理産業廃棄物保管場所」
  (2)実験棟 A 東側外壁に付属する「産業廃棄物保管場所」「特別管理産業廃棄物保管場所」
  ただし、感染性産業廃棄物の指定保管場所は、片柳研究所棟 W 棟側地下 1 階に限る。
- 廃試薬、有害固形物（有害物が付着した容器や紙類、有害物を含有するゲルなど）の処理については、業務課教材係に問い合わせる。

その他の実験系廃棄物

次の表に示された区分に従って分別排出する。燃えるゴミとして排出されたものは事業系一般廃棄物、プラスチックごみとして排出されたものは産業廃棄物となる。

表 16.2.1　実験系廃棄物の分類

区　分	そ の 詳 細
もえるゴミ	机などを拭いたペーパータオル類、ろ紙、薬包紙などのうち有害でないもの。ごみ袋に研究室名を書いて廊下などの集積場所へ排出。注射針、ガラスは混入しないこと。
プラスチックゴミ	マイクロピペットのチップ、廃プラスチックシャーレ、その他のプラスチック

	製品のうち有害でないもの。ごみ袋に研究室名を書いて廊下などの集積場所へ排出する。注射針、ガラスは混入しないこと。紙、腐敗の恐れがある有機物も極力含まないことが望ましい。
試薬瓶（ガラス，缶）	洗浄してから指定された場所へ排出する。洗浄液のうちエタノール、メタノール、グルコースなど、水に溶け易く、かつ、無害なものは流しに流してよい。重金属や色素、難分解性有機物、水と混ざらない溶媒などの入った容器を洗浄した排水は全て、実験廃液として処理すること。プラスチックの試薬瓶については、プラスチックごみと混ぜて排出して良い。
ガラス器具	段ボールなどに箱詰めして研究室名を記し、廊下などの集積所に排出する。ガラスであることを明記し、危険がないようにすること。
実験廃液	「16.3　実験廃液の処理について」の項を参照すること。
有害固形廃棄物	有害物が付着したゲル、有害物を拭いたペーパータオルなどが該当する。事前に業務課教材係へ連絡し、指定された場所に搬出すること。また、処理費用の負担のための購入依頼書を学部事務室へ提出すること。
廃試薬	必要がなくなった試薬である。業務課教材係へ連絡し、指定された場所へ搬出する。また、処理費用の負担のための購入依頼書を学部事務室へ提出すること。
大型ゴミ	業務課教材係へ事前に連絡の上、指定された場所へ指定された時間に搬出する。廃棄届けを記入し提出すること。（備品登録のない私物等は廃棄できない。不明な点は相談すること。）

16.3　実験廃液の分類と処理

実験で生じる液状の廃棄物のうち、次の表に示す有害物質に該当するものは、実験室などに設けられた流しに流すことはできない。有害物質の排水基準は mg/L のレベルではなくμg/L のレベルである。たとえば、1000 mg/L の濃度で有害物質を使ったビーカーを洗浄した水には、まだ、10 mg/L 程度の有害物質が含まれる可能性があるので、その洗浄水も排水基準以上となり廃液として扱う必要がある。器具の形状が洗い難い場合などは、2 回目、3 回目の洗浄水も廃液として扱う必要がある。

また、有害物質以外に、酸やアルカリ、油分（機械油や溶媒など）も実験室の流しには流さないこと。法令違反、環境へ有害なのはもちろん、施設を傷める場合がある。

表 16.3.1　実験系廃液の分類

廃油	鉱物性油、動植物性油、潤滑油、絶縁油、洗浄油、切削油、溶剤、タールピッチなど
廃酸	廃硫酸、廃塩酸、写真定着廃液、各種有機廃酸類など
廃アルカリ	廃水酸化ナトリウム溶液、金属せっけん液、アルカリ性実験洗剤、写真現像廃液など
重金属	表 16.3.2 に含まれる重金属や有害性のある重金属を含む廃液。多様な溶液を混和すると沈でんを生じるので、性状の異なる廃液は別々に収集すること

有害有機廃液	表 16.3.2 に含まれる有機物や有害性のある有機物を含む廃液。水と混和しない溶媒（トルエン、ヘキサンなど）はどんなに少量でも必ず回収すること。生物分解性で水溶性である溶媒（メタノールやエタノールなど）も回収が可能な場合には回収すること。

表 16.3.2　水質汚濁防止法および下水道法における有害物質とその排水基準（淡水域）

有害物質の種類	許容限度	有害物質の種類	許容限度
カドミウム及びその化合物	0.03 mg/L	1、1-ジクロロエチレン	1 mg/L
シアン化合物	1 mg/L	シス 1、2 ジクロロエチレン	0.4 mg/L
有機燐化合物（パラチオンなど）	1 mg/L	1、1、1-トリクロロエタン	3 mg/L
鉛及びその化合物	0.1 mg/L	1、1、2-トリクロロエタン	0.06 mg/L
六価クロム化合物	0.5 mg/L	1、3-ジクロロプロペン	0.02 mg/L
砒素及びその化合物	0.1 mg/L	チウラム	0.06 mg/L
水銀及びその化合物	0.005 mg/L	シマジン	0.03 mg/L
アルキル水銀化合物	検出されないこと	チオベンカルブ	0.2 mg/L
ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L	ベンゼン	0.1 mg/L
トリクロロエチレン	0.3 mg/L	セレン及びその化合物	0.1 mg/L
テトラクロロエチレン	0.1 mg/L	1、4-ジオキサン	0.5 mg/L
ジクロロメタン	0.2 mg/L	ほう素及びその化合物	10 mg/L
四塩化炭素	0.02 mg/L	ふつ素及びその化合物	8 mg/L
1、2-ジクロロエタン	0.04 mg/L	アンモニア、亜硝酸、硝酸などの窒素化合物	100 mg/L
有害物質の種類	許容限度	有害物質の種類	許容限度
カドミウム及びその化合物	0.1 mg/L	1、1-ジクロロエチレン	0.2 mg/L
シアン化合物	1 mg/L	シス 1、2 ジクロロエチレン	0.4 mg/L
有機燐化合物（パラチオンなど）	1 mg/L	1、1、1-トリクロロエタン	3 mg/L
鉛及びその化合物	0.1 mg/L	1、1、2-トリクロロエタン	0.06 mg/L
六価クロム化合物	0.5 mg/L	1、3-ジクロロプロペン	0.02 mg/L
砒素及びその化合物	0.1 mg/L	チウラム	0.06 mg/L
水銀及びその化合物	0.005 mg/L	シマジン	0.03 mg/L

アルキル水銀化合物	検出されないこと	チオベンカルブ	0.2 mg/L
ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L	ベンゼン	0.1 mg/L
トリクロロエチレン	0.3 mg/L	セレン及びその化合物	0.1 mg/L
テトラクロロエチレン	0.1 mg/L	1、4-ジオキサン	0.5 mg/L
ジクロロメタン	0.2 mg/L	ほう素及びその化合物	10 mg/L
四塩化炭素	0.02 mg/L	ふっ素及びその化合物	8 mg/L
1、2-ジクロロエタン	0.04 mg/L	アンモニア、亜硝酸、硝酸などの窒素化合物	100 mg/L

注 1）下水道施設はこれらの有害物質を処理するようには設計されていないので、上記の公共用水域への排出の際に適用される値が、そのまま下水道に排出する場合にも基準値として適用される。

注 2）水質汚濁防止法および下水道法上の有害物質に指定されている物質は、過去に公害で問題になったものなど、産業界で大量に使用されている物質であり、大学など多種多様な化学物質を使用する事業所を想定したものではない。研究者自身が常識で考えて、流してはいけないと考えるものは、上記の表に含まれないものでも廃液として回収すること。

１７　各種図表

17.1　安全衛生対策のチェックリスト

安全に対する意識を高め、実験室や研究室の快適な環境を維持することを目的として、年に 1 回の安全パトロールが実施される。それを補完するため、以下に示したようなシートに基づいて、工学部に所属する全ての実験室・研究室・居室の安全衛生点検を実施する。

［安全衛生点検］

①安全衛生チェックシートの記入

各部屋の管理者は 4 月・6 月・8 月・10 月・12 月・2 月の年 6 回、安全衛生チェックシートに基づく点検を実施し、シートの点検項目について判定した結果を記入する。

②　全衛生チェックシートの提示

記入した安全衛生チェックシートは、各部屋の入口の内側に掲示する。

③安全衛生チェックシートの提出

記入済みの安全衛生チェックシートは、年度末の 3 月に、研究室ごとにまとめて工学部安全委員会へ提出する。

東京工科大学工学部　安全衛生チェックシート

学科・研究室:	**部屋管理者**:
建物名:	**部屋番号**:

項 目	チェック内容 （判定:「○」問題なし,「△」その場で改善,「×」要改善,「ー」該当なし）	判　定　欄					
		4 月	6 月	8 月	10 月	12 月	2 月
一般事項 （全室対象）							
①避難路							
1	出入口付近に避難を阻害する物が置かれていないか？						
2	通路につまずきの原因や倒れやすい物がないか？						
3	通路幅は充分か？(機器間 80cm, 机間 60cm 以上が理想)						
②転倒・落下防止							
1	高さ 120cm 以上の不安定な棚や装置に転倒防止がされているか？						
2	棚の物品が落下してケガをしたり、通路を塞ぐ危険はないか？						
3	重量物や重たい冊子などは低い位置に保管されているか？						
③防災設備および体制							
a. 消火器							
1	数, 種類, 設置位置は適切か？						
2	設置場所に表示があるか？						

b. 非常用品							
3	懐中電灯等があり、いつでも使用できるか？　停電時でも見つかるか？						
4	救急箱が身近にあるか？　保管場所を知っているか？						
c. 通報･連絡体制とその表示							
5	通報時の建物名，部屋名･番号が表示されているか？						
6	災害の種類やレベルに応じた連絡･通報先が表示されているか？						
7	緊急連絡網が整備され、表示されているか？						
8	消火や救助に駆けつけた人が、引火性物質，禁水性物質，毒劇物などの存在に気付くか？						
④火器(ガスコンロ，ストーブなど)							
1	不在時には必ず消すことが習慣化されているか？						
2	周囲に燃えやすいものがないか？						
⑤電気設備							
1	ケーブルの劣化などにより導電部がむき出しになっていないか？						
2	コンセントや端子にほこりがたまっていないか？						
3	機器などは適正にアースが取られているか？						
⑥ゴミの管理							
1	適正に分別されているか？　こまめに搬出しているか？						
2	可燃性ゴミが加熱機器の周囲に置かれていないか？						
⑦衛生，3S							
1	照度や温度･湿度は適正に保たれているか？						
2	手洗い場やシンクは清潔に管理されているか？						
3	3S(整理，整頓，清掃)ができているか？						
実験室に関する事項　(実験室対象)							
⑧化学物質，廃液，ガスボンベ							
1	毒･劇物の受払いをし、鍵がかかった保管庫で管理している.						
2	使用する化学物質の有害性･危険性について教育･表示している.						
3	ゴーグルや耐薬品手袋などの保護具は、着用指針を作り遵守している.						
4	廃液は栓付の容器に貯留し、必要事項を表示･記入し管理している.						
5	ガスボンベは立てて固定し、保管中のボンベにはキャップをしている.						
⑨換気装置							
1	換気を励行し、有機溶剤などの臭気を感じない.						
2	ドラフトチャンバーの定期自主検査を実施している.						
⑩工作機械等							
1	粉塵作業でのゴーグル，防塵マスクなど、作業に応じ保護具を着用している.						
2	巻込注意の表示や回転部へのカバーなど、危険箇所に対策をしている.						
3	取扱や使用上の注意について教育･表示されている.						

17.2　緊急事態が発生した場合の連絡ルート

●災害伝言ダイヤルの使い方●

(1)〈自分の情報を相手に伝えたい時〉＝伝言録音

「１７１」+「1」+「自分の電話番号」+「自分のメッセージ録音」

①「１７１」をダイヤルする

②ガイダンスに従って「1」(暗証番号なし) をダイヤルする

③自分の電話番号をダイヤルする

④30 秒以内で自分のメッセージを録音する

※ 暗証番号がある場合は

「１７１」+「3」+「4桁の暗証番号」+「自分の電話番号」+「自分のメッセージ録音」

(2)〈相手の情報を聞きたい時〉＝伝言再生

「１７１」+「2」+「相手の電話番号」、「相手のメッセージ再生」

①「１７１」をダイヤルする

②ガイダンスに従って「2」(暗証番号なし) をダイヤルする

③相手の電話番号をダイヤルする

④相手のメッセージを再生する

※ 暗証番号がある場合は

「１７１」+「4」+「4桁の暗証番号」+「相手の電話番号」、「自分のメッセージ録音」

(3) インターネットによる情報登録検索

新潟県中越地震、東日本大震災では、インターネット上に安否情報を登録することができ、検索できるサービスや掲示板に情報を掲載するサービスが提供された。主要な検索エンジンからリンクが張られているので、そのサービスを使う方法もある。

(4) 携帯電話による情報登録検索

携帯電話各社から災害発生時に安否情報を登録検索できるサービスが提供されるので、活用すること。

NTT ドコモ「i モード災害用伝言板」　http://nttdocomo.co.jp/info/disaster/

i モード→iMenu トップに表示される「災害用伝言板」を選択

au「EZweb 災害用伝言板」　http://dengon.ezweb.ne.jp/

EZweb→トップメニューに表示される「災害用伝言板」を選択

SoftBank「災害用伝言板」　http://dengon.softbank.ne.jp/

Yahoo!ケータイ→トップの「災害用伝言板」を選択

17.3　公衆電話マップ

地震発生時、携帯電話やスマートフォンは不通になる可能性がある。その場合は、八王子キャンパス内にある公衆電話で交信すること。公衆電話は、本部棟 1 階，厚生棟 2 階，Foods Fuu2 階，体育館 1 階にそれぞれ 1 台、合計 4 台が設置されている。

図 17.3.1　公衆電話の設置マップ

17.4　参考図書

東京工科大学図書館には、以下のような安全に関する蔵書がある。

書籍名	ISBN	出版社
レスキュー・ハンドブック ： 野山・水辺ですぐ役立つファーストエイド&レスキューの最新テクニック ： safety＋rescue	9784635156042	山と溪谷社
実験を安全に行うために	9784759809589	化学同人
高圧ガス製造保安責任者丙種化学〈特別〉徹底研究	9784274214189	オーム社
最新図解救命・応急 ： 手当の手引き	4093041121	小学館
DVD で学ぶカンタン！　救急蘇生 ： 胸骨圧迫&AED 完全マスター	9784051530082	学習研究社
エックス線作業主任者試験徹底研究	9784274216381	オーム社
放射線安全取扱の基礎 ： アイソトープからＸ線・放射光まで	9784815807313	名古屋大学出版会
レーザ安全ガイドブック	9784915851322	新技術コミュニケーションズ
やさしい機械・設備の安全作業	4805907339	中央労働災害防止協会

ヒヤリ体験から学ぶ災害の芽を摘みとる具体策 ： ライン管理/監督者用	9784897614205	労働新聞社
図解よくわかる労働安全衛生法 ： 改正労働安全衛生法対応！	9784863194458	労働調査会
人間工学チェックポイント ： 安全、健康、作業条件改善のための実際的で実施しやすい対策	9784897603285	労働科学研究所
電気安全	9784542181861	日本規格協会
高圧ガス事故の統計と解析		高圧ガス保安協会
高圧ガス保安法規集		高圧ガス保安協会
高圧ガス保安法令解説		セーフティ・マネージメント・サービス
高圧ガス製造保安係員講習テキスト ： 一般高圧ガス編		高圧ガス保安協会
イラストで見る化学実験の基礎知識 第３版	9784621080887	丸善
実験・情報の基礎 第５版（実験化学講座:1. 基礎編:1）	9784621072813	丸善
化学系実験の基礎と心得	9784563041199	培風館
化学実験の安全指針 第４版	9784621045763	丸善
超伝導・低温工学ハンドブック	9784274022555	オーム社

お わ り に

最先端の科学・技術を創造し、高度な教育・研究を行う大学では、多様な物質や装置が数多く使用されている。また大学では、新規な物質が次々と生み出されており、しかも研究の大部分を教育途上の学生が担っていることを考えると、潜在危険性は極めて大きいと思われる。実験室・研究室での作業においてどのような危険が内在しているかを知り、事故を未然に防ぐためには、また万が一事故が発生した場合でも適切に対処できるようにするためには、日頃からの安全管理体制の整備と安全教育の徹底が重要である。

この「工学実験を安全に行うために」は、東京工科大学工学部における工学実験にあたって、機械・電気電子・応用化学の各分野における実験・研究・作業などを安全に行うのに必要な知識や、学生・教職員が遵守すべき法律や法規などをまとめたものである。この「工学実験を安全に行うために」が、東京工科大学工学部に所属する学生や教職員の安全教育に役立てば幸いである。また今後、「工学実験を安全に行うために」をさらに充実させてゆくため、全体の構成や各章の内容について意見・要望を寄せていただきたい。最後に、「工学実験を安全に行うために」が完成したのは、東京工科大学工学部安全委員会の先生方と関係者の多大なご尽力による。ここに感謝の意を表す。

口 絵

図 9.3.1　高圧ガス容器の塗装色

図 15.3.1　放射線管理区域を示す標識の例

Memo

工学実験を安全に行うために

平成 27 年 4 月　発行

編　　集　東京工科大学工学部安全委員会
発　　行　東京工科大学工学部
問い合わせ先　東京工科大学工学部安全委員会
東京都八王子市片倉町 1404-1
URL　http://www.teu.ac.jp/gakubu/eng/anzen

救急要請の仕方（119番通報）

救急センター	はい、119 番です。火事ですか？　救急ですか？		
通報者	火事です。	救急です。	救助です。
救急センター	場所はどこですか？　何市、何町、何番地ですか？		
通報者	八王子市片倉町 1404-1 の東京工科大学です。 「〇〇棟の〇〇階〇〇号室です。」 「〇〇棟中央のエレベータです。」		
救急センター	・何が燃えていますか？ ・どのくらい燃えていますか？ ・何階建ての何階から出火していますか？	・出血はありますか？ ・意識はありますか？ ・どこをケガしていますか？ ・痛いところはどこですか？	・どのような事故ですか？ ・ケガ人は何人くらいですか？ ・閉じ込められている人はいますか？
通報者	・実験装置が燃えています。 ・〇〇棟〇〇階の〇〇号室のパソコンから出火しています。	・階段から落ちて右足から出血しています。 ・野球のボールが頭に当たって、意識がありません。	・扉に指が挟まって抜けません。 ・エレベーターに閉じ込められています。
救急センター	あなたの名前と、今使っている電話の番号を教えて下さい。		
通報者	名前は〇〇〇〇、電話番号は〇〇〇-〇〇〇-〇〇〇〇です。		
救急センター	はい、わかりました。消防車を出動させます。	はい、わかりました。救急車を出動させます。	はい、わかりました。消防車を出動させます。